

Desde el aire era claro que estos parches de bosques poco desarrollados se daban dentro de una red de bosques más altos. No estamos seguros si esto representaba un proceso de erosión de las arenas de las mesetas, producción *in situ* de arenas en el valle, o ambos procesos. Nuestras aproximaciones iniciales a partir de las imágenes satelitales sugieren que estos chamizales cubren unas 700 ha, una extensión más grande que los chamizales conocidos en la selva baja de Loreto (p. ej., la Reserva Nacional de Allpahuayo-Mishana, Jenaro Herrera).

Las quebradas locales eran de aguas negras y claras, algunas con fondos de canto rodado, algunas con fondos arenosos. Aquí registramos las aguas más ácidas (pH promedio de 5.2) y las conductividades más bajas (3–12 $\mu\text{S}/\text{cm}$). La gran mayoría de suelos en esta región tenían una calidad esponjosa, de tal manera que uno se encontraban rebotando al caminar en esta densa alfombra de raíces.

Nuestro trabajo en este lugar se redujo de cuatro a dos días cuando 22 indígenas Shawi y Awajún ocuparon nuestro campamento. Ellos habían caminado desde sus comunidades San Ramón de Sillay y Nueva Jordania, ambas al norte de nuestro campamento, debido a que creían que estábamos trabajando sin su permiso en las tierras que ellos consideran sus territorios (ver la sección ‘Conflictos y titulación de tierras’ en el capítulo *Panorama regional*). Sin darnos cuenta estuvimos involucrados en un conflicto entre organizaciones indígenas (CORPI y ORDEPIAA) y municipalidades (Cahuapanas y Balsapuerto). Por fortuna nadie fue herido. Abandonamos el campamento al siguiente día (1 de octubre de 2013). Con solo una excepción, ningún equipo condujo trabajos de campo durante el 30 de setiembre y el 1 de octubre. El equipo de aves hizo observaciones dispersas en los alrededores del campamento en esos días.

SITIOS DEL INVENTARIO SOCIAL

El inventario social se llevó a cabo entre el 16 de setiembre y el 2 de octubre de 2013 en la región al este de la Cordillera Escalera, específicamente en las cabeceras de los ríos Paranapura, Yanayacu y Cachiyacu. Durante este periodo, el equipo social visitó dos comunidades

Shawi localizadas en el río Paranapura (Nueva Vida y Los Ángeles), dos comunidades en el río Yanayacu (San Antonio de Yanayacu y San Miguel) y cinco comunidades en el río Cachiyacu (Balsapuerto, Canoa Puerto, Puerto Libre, Nueva Luz y San Lorenzo; Fig. 2B). En este reporte presentamos tres capítulos con una visión generalizada de la historia, organización social y fortalezas culturales de las comunidades Shawi que fueron visitadas durante nuestro trabajo de campo. Un capítulo examina la especial manera de los Shawi para relacionarse con su medio ambiente; su conocimiento, uso y manejo de los recursos naturales de la Cordillera Escalera; y cómo esto se relaciona con la percepción de la calidad de vida de la región (ver el capítulo *Patrimonio biocultural del pueblo Shawi: Uso de los recursos naturales, conocimiento ecológico tradicional y calidad de vida*, este volumen).

GEOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y SUELOS

Autores: Robert F. Stallard y Lina Lindell

Objetos de conservación: Un paisaje geológicamente diverso que comprende dos sectores con diferentes tipos de rocas, suelos y aguas; en el sector sur, un mosaico de varios tipos de areniscas (arenitas de cuarzo, líticas y sublíticas), calizas, lutitas (arcillas compactas) y evaporitas pequeñas, asociados con diversos tipos de suelos y comunidades de plantas; en el sector norte, un paisaje dominado por arenitas de cuarzo del Cretáceo, dando lugar a suelos y una vegetación similar a la ubicada en otros levantamientos subandinos y las areniscas precámbricas y los granitos erosionados del Escudo Guayanés; quebradas y lagos con un amplio rango de acidez y conductividad, los cuales ofrecen un hábitat excepcionalmente diverso para los organismos acuáticos; minas de sal (evaporitas) históricamente y culturalmente importantes; suelos pobres y superficiales con pendientes inestables que no son aptos para las grandes actividades de desarrollo

INTRODUCCIÓN

La Cordillera Escalera forma una cordillera larga y estrecha de unos 125 x 30 km, que se extiende con dirección aproximada noroeste-sudeste. En su parte septentrional, la cordillera se curva de manera dramática rumbo oeste noroeste-este sudeste. El límite sur es el río Huallaga. La Cordillera Escalera se separa en dos cuencas tectónicas: al suroeste la cuenca tectónica del Huallaga,

que es drenada por los ríos Huallaga y Mayo, y al nordeste la amplia cuenca del río Marañón (Perupetro 2013). Esta última se extiende hasta el Arco de Iquitos y subyace una gran parte de la selva baja amazónica de Loreto. Estas tres cuencas contienen grandes llanuras a unos 200 m sobre el nivel de mar (en adelante m). La divisoria es también el límite político entre la Región San Martín al oeste y la Región Loreto al este. Las laderas de la Cordillera Escalera tienden a ser escarpadas (25–60°) y las cumbres más altas alcanzan los 2,300 m. Muchas de estas pendientes están definidas por los planos de estratificación (*bedding planes*) en las formaciones más duras de areniscas que forman las montañas y los acantilados que son perpendiculares a esta estratificación.

Geología regional

El inventario rápido de la Cordillera Escalera es parecido a los inventarios anteriores realizados en Cordillera Azul (Foster 2001), Sierra del Divisor (Stallard 2006) y Cerros de Kampankis (Stallard y Zapata-Pardo 2012), en que todos estos paisajes contenían lechos de rocas que fueron depositados antes que el levantamiento de los Andes contemporáneos. En los otros inventarios realizados en Loreto (i.e., los que no son listados en la frase anterior), todo el lecho de rocas fue depositado durante y después del levantamiento de los Andes y fue en parte derivado de estas rocas del pre-levantamiento. Las formaciones de rocas en estas montañas tienen diferentes nombres dependiendo de la fuente de literatura consultada y a la presencia o ausencia a nivel local, lo que en parte depende de las fallas que fueron activas durante el Mesozoico y el Cenozoico (más de 65 millones de años atrás). En este documento utilizamos los nombres del informe de la geología de la región de Balsapuerto-Yurimaguas por Sánchez et al. (1997). Para las fechas geológicas, usamos la escala de la Sociedad Geológica de América (Walker y Geissman 2009).

Las formaciones geológicas más antiguas de esta cordillera son los lechos rojos del Jurásico de la formación Sarayaquillo (aprox. de 175 a 145 millones de años de antigüedad). Estas son seguidas por varios tipos de areniscas, lutitas y calizas que fueron depositadas en un ambiente cerca de una costa marina. En la Cordillera Escalera, dos grandes formaciones de

color claro (blancas) de arenisca de cuarzo (arenitas de cuarzo) dominan: primero la formación Cushabatay y luego la formación Aguas Calientes. Estas se formaron en el Cretáceo inferior (125 a 94 millones de años atrás) y están separadas por areniscas y lutitas delgadas de un grano mucho más fino de la formación Esperanza. Las lutitas marinas oscuras y las calizas oscuras de la formación Chonta se formaron en el Cretáceo superior (94–85 millones de años atrás). Las gigantescas rocas blancas de la formación Vivian (85 a 83 millones de años atrás, mucho más delgadas que las formaciones Cushabatay y Aguas Calientes) son depositadas encima de la formación Chonta. A principios del fin del Cretáceo (70–60 millones de años atrás), las areniscas y las lutitas de la formación Cachiyacu-Hushpayacu fueron depositadas. Estos sedimentos transitan en los lechos rocosos rojizos continentales de la formación Yahuarango del Eoceno (55–34 millones de años atrás). Seguido de esta sección están las lutitas oscuras y calizas de las aguas saladas de la formación Pozo del Eoceno-Oligoceno (20–25 millones de años atrás). Esto es seguido de los lechos rojizos de la formación Chambira del temprano medio del Mioceno (25–12 millones de años atrás). Tanto la formación Pozo como la Chambira fueron erosionadas de los levantamientos andinos y fueron depositadas en el margen occidental del sistema deposicional Pebas/Solimões en las llanuras amazónicas (Rahkit Consulting 2002, Roddaz et al. 2010). En el Mioceno tardío (9 a 5 millones de años atrás) se depositaron las areniscas, lutitas y los conglomerados de la formación Ipururo. Después, en el Plioceno tardío y el Pleistoceno temprano (2–3 millones de años atrás), los conglomerados fluviales y areniscas de la formación Ucayali fueron depositados. La formación Ucayali y tal vez algún depósito aluvial subsecuente son contemporáneos de las Formaciones Nauta 1 y 2 de las llanuras amazónicas. Los depósitos de suelo aluvial en la superficie cerca de Balsapuerto son arenas de cuarzo puras, que en el campo se parecen a las arenas localizadas alrededor de Iquitos y a lo largo del río Blanco (Stallard 2005a; R. Stallard, obs. pers.).

El límite este de la Cordillera Escalera se define por una serie de fallas geológicas conectadas que están descritas colectivamente como la Falla Inversa del Este del Perú (Eastern Peru Thrust Front, EP; Veloza et al.

2012). Al sur de la Cordillera Escalera, cerca de la intersección con el río Huallaga, hay una serie de fallas muy importantes que van de norte a sur. Estas son las Fallas de Pucallpa y Pasco (PU, PA). Al sur y al oeste de estas fallas existen montañas que son conocidas como levantamientos subandinos. De norte a sur, empezando desde el río Marañón, estos rangos incluyen la Cordillera de Manseriche, la Cordillera Escalera, la parte norte de la Pampa del Sacramento y la Sierra de Contamana en el Arco de Contaya, al este del río Ucayali. Las anomalías de gravedad negativa (ver Navarro et al. 2005) nos indican que el levantamiento subandino principal (anomalías negativas que indican flotación) se ubica al oeste de las fallas EP-PU/PA y no incluye el Arco de Contaya, que es una placa más antigua como el Arco de Iquitos (ambos tienen anomalías de gravedad positivas, lo que indica el soporte de las placas). Los sistemas de fallas que hemos descrito están formados de una serie de pequeñas fallas paralelas poco espaciadas. Existen otras fallas paralelas con mayor espaciamiento en las cuencas de roca sedimentaria. Muchas de estas fallas son reactivaciones de fallas mucho más antiguas (Tankard Enterprises 2002).

Los Andes fueron formados por una serie de orogenias (episodios de formación de montañas) causadas por la subducción de la placa tectónica de Nazca debajo del Perú (Pardo-Casas y Molnar 1987). La Orogenia Inca en el Eoceno-Oligoceno (35–30 millones de años atrás) estableció muchos de los sistemas activos de fallas en la Escalera (Sánchez et al. 1997). Localmente, este asentamiento causó transgresiones marinas superficiales asociadas con la deposición de la formación Pozo. El levantamiento andino más reciente así como los levantamientos de las cordilleras subandinas son referidos como la Orogenia Quechua y ocurrieron en tres tiempos los cuales son designados como I, II y III. La Orogenia Quechua I se dio desde los finales del Eoceno hasta el Mioceno (25–20 millones de años atrás). Está asociado con la deposición de rocas rojizas de la formación Chambira (Sánchez et al. 1997) e inclusiones volcánicas al este de la Cordillera Escalera, justo al sur de Balsapuerto (Stewart 1971, Rodríguez y Chalco 1975). La Orogenia Quechua II del Mioceno y Plioceno está asociada con la deposición de la formación Ipururo hace

10 a 5 millones de años atrás. La mayoría de las fallas en la Cordillera Escalera estuvieron activas durante este levantamiento (Sánchez et al. 1997). Notablemente, la formación Chambira fue levantada dentro de la Cordillera Escalera, cerca de Balsapuerto (cerca al campamento Mina de Sal), lo que indica que hubo mayor actividad de levantamientos y curvaturas después de la deposición Chambira, pero antes de la deposición Ipururo. La Orogenia Quechua III (de 2 a 3 millones de años atrás) está asociada con las fallas de las llanuras ubicadas a lo largo de la Cuenca Tectónica del Marañón, incluyendo las fallas descritas en los inventarios rápidos de Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006) y Ere-Campuya-Algodón (Stallard 2013). El choque de dos anomalías topográficas relativamente flotantes de la Placa de Nazca (la Loma de Nazca en el Perú central y la ahora desaparecida Meseta Inca en el norte del Perú) parece que ha controlado el estilo de la subducción de placas en el norte del Perú, incluyendo la falta de volcanismo y episodios de deposición de minerales (Gutscher et al. 1999; Rosenbaum et al. 2005). Los levantamientos causados por la subducción de estos podrían haber tenido un rol importante en la biogeografía desde hace 10 millones de años atrás (Stallard 2005b).

Las orogenias actuales y las abundantes fallas están asociadas con la actividad sísmica. Por ejemplo, el valle del Mayo al oeste de la Cordillera Escalera sufre de frecuentes movimiento sísmicos a profundidades menores de 70 km (Rhea et al. 2010). La selva baja justo al este del valle tiene abundantes movimientos sísmicos a profundidades mayores de 70 km. En ambas áreas, la alta tasa de movimientos sísmicos, junto con las laderas empinadas y las condiciones húmedas, son las causas principales de los derrumbes visibles en casi toda la Cordillera Escalera.

Las fallas y los plegamientos que han formado los levantamientos subandinos han jugado un papel importante en la biogeografía humana y animal. Las evaporitas (depósitos de rocas de sal, yeso y anhidritas), algunas de ellas muy gruesas, fueron depositadas debajo de toda la región durante el Pérmico y Jurásico (Benavides 1968, Rodríguez y Chalco 1975, Alemán y Marksteiner 1996). Las sales y las aguas salinas salen a la

superficie por estas fallas. Algunas aguas extremadamente saladas (137,000 ppm de cloruros, o siete veces más salina que el agua de mar) han sido encontradas en las perforaciones petroleras (Wine et al. 2001). La sal es expulsada de aberturas profundas, llamadas diapiros, las cuales penetran los sedimentos más jóvenes. Las extrusiones y los manantiales a lo largo de las fallas de los cerros de Kampankis (Stallard y Zapata-Pardo 2012) y en la selva baja de Loreto (Stallard 2013) forman las denominadas *collpas* (lamederos con tierras y aguas saladas) que atraen las aves y mamíferos que buscan sal. En la región de la Cordillera Escalera, hay numerosos diapiros y extrusiones a lo largo de las fallas (Benavides 1968), incluyendo dos cerca a nuestros campamentos (Mina de Sal y campamento intermedio Alto Cachiyacu). Estos depósitos de sal han tenido una gran influencia en la geografía humana y las rutas de comercio en todo el oeste de la Amazonía (Rydén 1962).

La gran abundancia de las areniscas claras de cuarzo en los afloramientos superficiales es una característica no solo de la Cordillera Escalera pero de varios levantamientos subandinos cercanos y de los levantamientos que se extienden hasta Ecuador y Colombia. Durante las orogenias, la erosión empieza a remover los sedimentos que son levantados por encima de las llanuras aledañas (arriba del nivel base local). Los sedimentos más suaves (lutitas) y químicamente más erosionables (evaporitas y calizas) son los primeros en ser removidos (erosión limitada al clima; Stallard 1985, 1988). Con el tiempo, las formaciones más resistentes son las que permanecen. Por lo tanto durante el levantamiento los sedimentos más suaves contribuyen fuertemente a los depósitos de las cuencas anexas, mientras que los sedimentos químicamente erosionables son llevados como solución al océano o a los lagos (Sistema Pebas). La Orogenia Quechua I probablemente eliminó la mayor parte de los materiales erosionables del Cretáceo y del Neógeno temprano, mientras que la Orogenia Quechua II continuó con este proceso y también eliminó la porción levantada de la formación Chambira. Estos sedimentos re-erosionados (policíclicos) pierden nutrientes con cada ciclo de erosión y meteorización, produciendo sedimentos cada vez más pobres. Con el tiempo, la erosión lenta de las areniscas de cuarzo claro

contribuye una porción cada vez mayor de los sedimentos clásticos (partículas), haciendo que las arenas en los ríos alcancen una composición de casi puro cuarzo. La terraza fluvial donde se encuentra Balsapuerto tiene suelos de arena de puro cuarzo, del color de la nieve. Es razonable proponer que esta erosión tardía es el origen de los depósitos de arenas blancas en las llanuras amazónicas cerca de Iquitos y al sur.

La región que está siendo considerada como área de conservación puede ser separada en dos sectores, basándose en la geología y la estructura. El sector del sur incluye la cuenca entera del Cachiyacu, mientras que el sector del norte incluye todas las cuencas del norte. La mayor es del río Cahuapanas y ésta drena directamente al Marañón. Entre estas dos cuencas está la cuenca del Yaracyacu. El valle del Yaracyacu corre a lo largo de la falla Shanusi-Yaracyacu, la cual se curva desde la dirección noroeste-sudeste a oeste-este, y ahí forma un límite entre los dos sectores. El estilo de la falla y los pliegues en el sector sur resulta en la exposición, a ángulos muy inclinados, de todas las formaciones de rocas de la región. Esta exposición también es repetida en numerosas fallas. Algunas de estas fallas tienen extrusiones de sal o manantiales salados, y también hay un diapiro salado, la Mina de Sal. En el sector norte las formaciones se inclinan hacia las llanuras, formando una serie larga de crestas tabulares de areniscas y valles de lutitas. El interior del levantamiento tiene una estratificación casi horizontal (<5° de inclinación) y está erosionado hasta llegar a las areniscas de la Cushabatay y debajo de los lechos rojizos Sarayaquillo, formando un amplio valle interior con montañas tabulares de areniscas repletas de vegetación.

Si no fuera por la vegetación, estas montañas tabulares del sector norteño podrían asemejarse a los tepuyes del Escudo Guayanés, formados por la metacuarcita de la formación Roraima (areniscas metamorfoseadas de cuarzo). La diferencia entre la arenisca de la formación Cushabatay y la metacuarcita de la Roraima es que esta última es mucho más fuerte y menos porosa. En realidad un indicador de campo de la formación Cushabatay es la peculiar suavidad de algunas capas (Sánchez et al. 1997). Muchos factores pueden contribuir a la diferencia de estas propiedades. La porosidad se reduce con el tiempo y la profundidad

de entierro, y la Roraima es 20 veces más antigua que la Cushabatay. El agua que se moviliza por los poros disuelve el cemento (usualmente cuarzo), por lo que la roca se suaviza. Además, algunas capas en la Cushabatay estaban cimentadas con calcita (el principal componente de la caliza) la cual es susceptible a la meteorización química. Hasta las areniscas calcáreas de cuarzo tienen minerales con nutrientes menores, y la meteorización más rápida proveería de más nutrientes derivados del lecho de rocas y sostendría más vegetación. Sin embargo el sector norte tiene la geología de un paisaje pobre en nutrientes comparado con el sector sur.

MÉTODOS

Para estudiar el paisaje la Cordillera Escalera se visitó tres áreas ubicadas en algunas de las partes más interesantes de la cordillera (ver los capítulos *Panorama regional* y *Descripción de los sitios visitados en los inventarios sociales y biológicos*, este volumen). Estos tres sitios tienen características muy distintas, lo que permitió la investigación de varios ambientes diferentes. Uno de estos sitios estuvo localizado en la parte norte de la cordillera, en la cuenca del río Cahuapanas que desemboca en el río Maraón (Fig. 2). Los otros dos sitios estaban localizados en el sur, en la cuenca del río Cachiyacu que desemboca en el río Paranapura, el cual a su vez desemboca en el río Huallaga (Fig. 6C).

La exploración de campo se realizó recorriendo las trochas que fueron establecidas en cada campamento. Adicionalmente se recorrieron algunas riberas de los ríos principales. Se registraron las coordenadas geográficas y la elevación de todos los puntos en los que se recolectaron muestras de rocas, suelo y agua superficial. Estos puntos fueron registrados con un GPS bajo el sistema de proyección geográfica WGS 84. Los datos sobre el rumbo, buzamiento y lineamiento de las otras estructuras fueron registrados en grados azimut usando una brújula marca Silva. Se tomaron muestras de las diferentes unidades geológicas incluyendo evaporitas y varios especímenes de fósiles. Para el muestreo y la interpretación litológica se empleó un martillo geológico, un cincel, ácido clorhídrico al 10% (1.2M) para detectar material calcáreo y una lupa (10x). En total se

recolectó 40 muestras representativas de las formaciones jurásicas, cretácicas y triásicas. Para las descripciones de las litologías se empleó la nomenclatura de espesor de capas de Ingram (1954) y Watkins (1971), la escala granulométrica (tamaño de grano) elaborado por Wentworth (1922) y para describir la composición de los depósitos usamos la nomenclatura de Folk (1962, 1974).

Para estudiar la relación entre los sustratos litológicos y los suelos desarrollados encima de ellos se tomaron 16 muestras de suelo. Para describir la composición de las comunidades de plantas en cada sitio se trabajó con el botánico David Neill. Cada muestra se componía de tres perfiles separados por una distancia de 10 m. Hubo una sola excepción, que ocurrió en un lugar con un mosaico de distintos suelos con muy poca separación entre ellos, y donde cada perfil fue una sola muestra. El material orgánico superficial (MO) fue descartado y se colectó el material localizado en los primeros 10 cm. En el laboratorio de campo se describió la textura (Stallard 2005a) y el color empleando la tabla de Munsell (1954). Se midió el pH y los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) con un sistema de comparación de colores (Rapitest). También se midió el pH con las tiras ColorpHast en una suspensión de suelo y agua destilada (1:5). Las muestras fueron analizadas después en un laboratorio peruano (Consultores para la Innovación Tecnológica de la Amazonía) para determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla, y el pH, así como los niveles de los macronutrientes (N, P, K), los micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn, B), CaCO₃, MO, la CIE (capacidad de intercambio catiónico) y los cationes intercambiables.

Para caracterizar las aguas superficiales se estudiaron todos los ríos, quebradas, manantiales y lagos encontrados cerca a los campamentos y a lo largo de las trochas. En total se muestrearon 27 sitios. Se registró la fuerza de la corriente, apariencia del agua, composición del lecho, ancho y profundidad de la corriente y la altura de las riberas. Se midió el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura del agua *in situ*. El pH se midió con las tiras ColorpHast usando cuatro rangos (0.0–14.0, 2.5–4.5, 4.0–7.0, 6.5–10.0). La CE se midió con un instrumento portátil digital (Milwaukee CD 601). Se colectaron tres muestras de agua para cada

lugar en botellas purgadas Nalgene. Una muestra de 30 ml fue usada para medir pH y CE en condiciones estables de laboratorio (similar presión, temperatura y calibración de equipo) usando un equipo portátil para medir el pH y conductividad, ExStick EC500 (Extech Instruments). Otra muestra de 60 ml fue utilizada para determinar los sólidos suspendidos y otra de 250 ml fue destinada para hacer el análisis comprehensivo de los principales componentes y nutrientes. Esta muestra fue esterilizada con luz ultravioleta en una botella de Nalgene de 1 l, usando un Steripen. Las muestras fueron almacenadas y transportadas en una nevera de tecnopor para evitar cambios de temperatura inesperados y limitar la exposición a la luz. Las concentraciones de sedimentos suspendidos fueron medidas mediante el pesado de los filtrados secos al aire (filtros policarbonados de 0.2 micrones– Nucleopore) de las muestras con volúmenes conocidos. El estudio de los ríos tropicales en el este de Puerto Rico (Stallard 2012) indica que las bajas concentraciones (<5 mg/l) están usualmente dominadas por materia orgánica, mientras que las altas concentraciones están dominadas por material mineral.

Para realizar una mejor interpretación de los datos sobre calidad de agua, se calcularon los porcentajes de las diferentes litologías de cada cuenca en cada muestra. Estos cálculos fueron realizados por Mark Johnston y Jon Markel, quienes usaron un mapa geológico y un modelo de elevación digital.

RESULTADOS

La Cordillera Escalera se estrecha longitudinalmente con un buzamiento que sigue la dirección de los Andes (noroeste-sudeste). Está formada por depósitos sedimentarios que van desde el periodo Jurásico (hace 160 millones de años) al Mioceno (hace 5 millones de años). Estos depósitos consisten en 10 formaciones geológicas de carácter sedimentario de origen continental y marino. Litológicamente los sedimentos están compuestos por areniscas de cuarzo blancas (53%), capas rojas (también conocidas con el nombre de molasas, 36%) que incluyen algunos afloramientos de evaporitas pequeñas, y lutitas con calcitas (8%). Estos afloramientos son parecidos a aquellos expuestos en las cordilleras al

sur y al norte de la Cordillera Escalera, mientras la zona subandina al oeste (Región San Martín) tiene un mayor porcentaje de litologías más jóvenes, incluyendo una representación mayor de material calcáreo.

La erosión por drenaje hídrico ha producido un paisaje altamente variado donde las litologías más resistentes (areniscas) forman valles empinados y escarpes, mientras las formaciones más suaves (limolitas y lutitas) y la caliza, que se disuelve fácilmente, forman zonas de pendientes menores y zonas inundables. La región es altamente afectada por pliegues y fallas que han levantado las litologías más antiguas a la superficie. Esta es una característica del sector sur de la Cordillera Escalera, el cual tiene todo el rango de litografías encontradas en la cordillera. Aunque las areniscas de cuarzo son abundantes (40%), las litologías de grano fino tienen gran influencia en la composición de las aguas, de los suelos y de las comunidades de plantas. Por otro lado, el sector norte es litológicamente más homogéneo, compuesto principalmente por dos litologías de tierras altas distintas, las areniscas de cuarzo del Cretácico Inferior (68%) y las capas sedimentarias rojas del Jurásico Superior (19%). Los valles yacen sobre grandes depósitos aluviales del Holoceno.

El carácter edáfico en la Cordillera Escalera depende de la composición del sustrato litológico y de la topografía (es decir de la roca madre, el material coluvial y aluvial, altura, pendiente, aspecto y drenaje). Debido a que gran parte de la cordillera está compuesta por areniscas de cuarzo, la mayoría de los suelos son de textura gruesa a moderadamente gruesa, poco profundos, y con poco desarrollo edáfico (Entisoles). Muchos de los suelos tiene material rocoso en proceso de meteorización cerca a la superficie (>10 cm). Estos suelos por lo general son ácidos y pobres en nutrientes. Sin embargo, las capas sedimentarias rojas y las calizas que contienen calcita permiten el desarrollo de suelos más fértiles. Existe una variación edáfica muy grande en cuanto a la textura y al contenido de nutrientes debido a las variaciones en la composición de las formaciones geológicas. Las capas rojas por ejemplo están formadas en su mayoría por areniscas (de grano fino a muy fino) pero también contienen capas de limolitas y lodolitas.

Debido a la accidentada topografía y a los procesos tectónicos (sismos) hay una alta frecuencia de derrumbes y deslizamientos. Enormes cantidades de material se trasladan desde las partes más altas para formar los depósitos coluviales de los valles. Esta gran cantidad de material coluvial contribuye al mosaico de suelos. Los suelos coluviales son distintos a los suelos originados únicamente por material parental.

Las características químicas de las aguas superficiales reflejan la composición de los lechos rocosos y los suelos que drenan. Debido a la diversidad litológica hay una gran variación en la composición química de las aguas superficiales (quebradas, ríos y lagunas). Gran parte de las quebradas pequeñas son de agua clara, mientras los ríos son turbios (agua blanca) pero también existen quebradas de aguas marrones claras. Los pH medidos en el laboratorio varían entre 4.3 (fuertemente ácido) a 7.9 (ligeramente alcalino). Por lo general las aguas son más ácidas en el sector norte que en el sector sur; los valores medios del pH son 5.3 y 7.0 respectivamente. Esto se debe a que las aguas muestreadas en el sector norte están drenando areniscas de cuarzo y material aluvial mientras en el sur hay una mayor abundancia de lecho de roca de grano fino y material calcáreo. El rango de conductividad varía desde valores muy bajos ($6.7 \mu\text{S}/\text{cm}$), en las aguas que drenan el material aluvial derivado de las areniscas de cuarzo, a valores muy altos ($1,767 \mu\text{S}/\text{cm}$), en las aguas que drenan las evaporitas grandes. Los valores medios en los sectores norte y sur son de 11 y $277 \mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Las altas concentraciones de sedimentos suspendidos están asociadas con las quebradas que drenan lutitas y capas rojas. Adicionalmente, las concentraciones altas de sedimentos suspendidos requieren de flujos altos; compara las dos muestras del río Cachiyacu en el campamento Mina de Sal (flujo alto C1T0Q1/AM130003 y flujo bajo C1T0Q3/AM130004 en el Apéndice 3).

Los parámetros y descripciones de las aguas, suelos y rocas muestreados y analizados en los diferentes campamentos de este inventario rápido se encuentran en los Apéndices 3, 4 y 5 respectivamente. En las siguientes secciones damos información más detallada sobre cada campamento que visitamos.

Mina de Sal

El campamento Mina de Sal se ubica en la orilla del río Cachiyacu, en el sector sur de la Cordillera Escalera (S $5^{\circ}53'2.2''$ O $76^{\circ}36'15.7''$, 267 m; Fig. 2). Las quebradas drenando las laderas del campamento desembocan en el río Cachiyacu, que más abajo se une con en el río Paranapura, uno de los afluentes del río Huallaga. Debido a fallas inversas que se extienden en la misma dirección que la cordillera (noroeste-sudeste) los lechos rocosos de diferentes edades han sido levantados a la superficie. Las áreas accesibles desde el campamento están sobre dos sustratos litológicos. En las partes más altas alrededor del campamento hay extensiones pequeñas de areniscas de cuarzo claras de diferentes tamaños de grano (muy fino a muy grueso) del Cretáceo Inferior (formación Cushabatay). Sin embargo, la mayor parte de las áreas que rodeaban el campamento estaban sobre las capas rojas del Jurásico Superior (formación Sarayaquillo). En el mismo campamento el sustrato litológico estaba dominado por areniscas rojas de grano muy fino pero también existen algunas capas con limolita rojiza. Asociadas a esta formación geológica están las evaporitas (sales) de yeso (o anhidrita) y halita (NaCl) que principalmente están expuestas en el cauce del río Cachiyacu (que significa agua salada). Estos depósitos de sal han sido muy importantes para el desarrollo de las comunidades locales y siguen siendo importantes para la nutrición de hoy en día. El pueblo Shawi también utiliza el yeso (el cual es llamado 'sal muerta'). Este se rostiza (para convertirlo en anhidrita) y es pulverizado hasta formar una especie de talco, el cual es utilizado en el proceso de producción de hilo de algodón para su vestimenta tradicional (*a'siantë* o pampanillas).

Las pendientes empinadas hacen que la mayor parte del lecho parental esté cubierto de material coluvial. Esto, junto con las variaciones topográficas y el carácter del material parental, originan un mosaico de suelos. La fracción de material coluvial derivado de las areniscas de cuarzo aumenta hacia el oeste y hacia las elevaciones mayores. También existe una mayor abundancia de material coluvial derivado de las areniscas claras de cuarzo en las áreas localizadas al sur del río Cachiyacu.

A pesar de la variedad de la composición de los suelos, es posible distinguir dos tipos principales: los suelos marrones rojizos desarrollados sobre las capas rojas y los suelos marrones grisáceos desarrollados sobre las arenitas de cuarzo. Los suelos sobre las areniscas albergan una vegetación de mayor diversidad y altura de la que se encuentra en los suelos pobres y altamente ácidos. Salvo un pequeño parche de bosque enano de cumbre sobre las areniscas de cuarzo, las areniscas y las capas sedimentarias rojas localizadas en la misma altitud albergan comunidades de plantas similares (bosque alto de laderas). Esto se puede deber a que la zona estudiada forma la zona de transición entre las dos formaciones litológicas, como se ve en el área pequeña de suelo marrón amarillenta localizada entre las capas rojas y las areniscas claras. Es posible que debido a la inclinación de los niveles litológicos, las raíces de la vegetación sobre las areniscas claras alcancen las capas sedimentarias rojas localizadas a mayor profundidad.

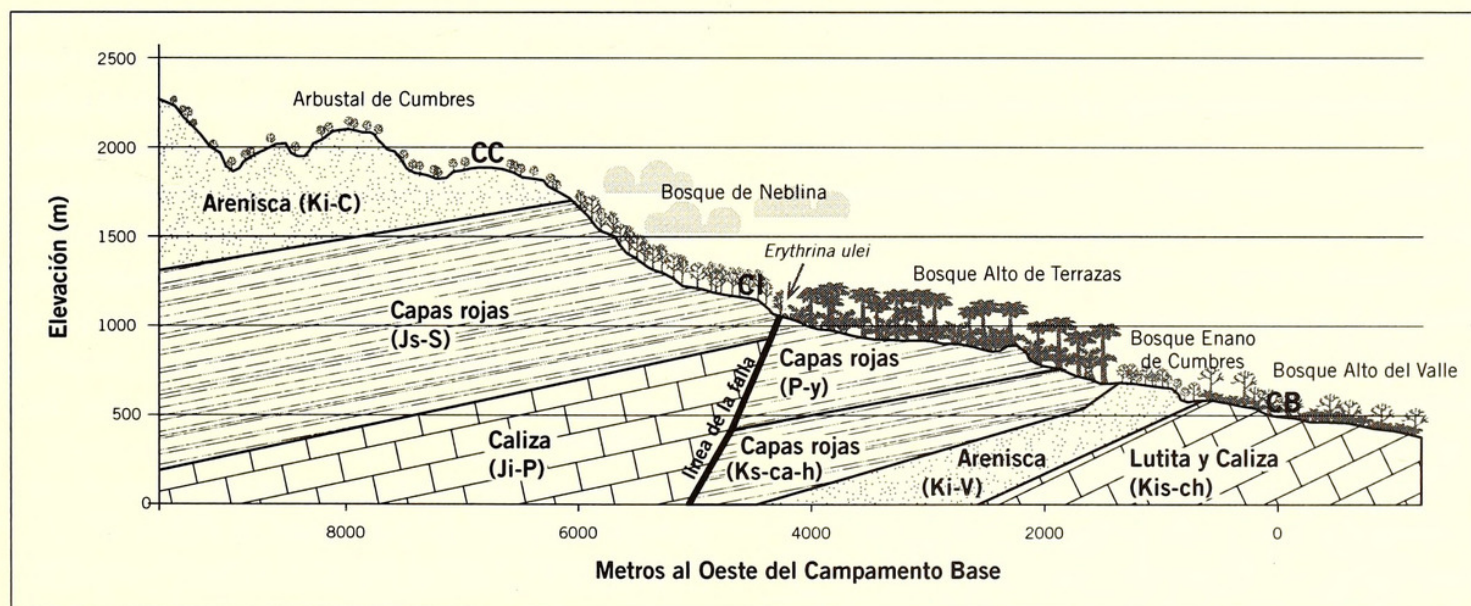
Quebradas paralelas de varias cuencas hidrográficas desembocan en el río Cachiyacu a ambos lados del río. Desde el campamento se logró estudiar dos de estos, el Shimbilloyacu y el Buen Paso. Las propiedades de estas

aguas (agua clara, baja conductividad eléctrica y pH moderado) nos indican que los sustratos litológicos están dominados por sedimentos sílico-clásticos que no contribuyen altas concentraciones de iones disueltos en las aguas. El pH promedio de las quebradas fue de 7.0 (neutral) y la conductividad promedio fue de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En contraste, el pH promedio y la conductividad promedio medida en el río Cachiyacu, que drena litologías variadas en sus nacientes incluyendo evaporitas, fueron de 7.3 (neutral) y 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Este es un río de agua blanca y turbia por la gran cantidad de material suspendido.

Alto Cachiyacu

El campamento Alto Cachiyacu está ubicado en la parte suroeste de la Cordillera Escalera (Fig. 2), pero al este de la divisoria entre el río Mayo y el río Paranapura. Está localizado en la ribera del río Cachiyacu, en la parte alta de la cuenca. Un larga trocha (Fig. 17) fue estudiada desde este campamento (S 5°51'31.0" O 76°43'3.4", 510 m) hasta una de las crestas en la parte occidental (S 5°52'2.1" O 76°46'29.3", 1,930 m). Este campamento también está en la misma zona afectada por las fallas y plegamientos

Figura 17. Geología y vegetación a lo largo de un transecto desde el campamento base Alto Cachiyacu hasta el campamento cumbre Alto Cachiyacu, en base a observaciones de campo durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Perú. La ubicación de los campamentos está indicada con abreviaciones de dos letras: CB = campamento base, CI = campamento intermedio, CC = campamento cumbre. Los códigos de las formaciones geológicas, ordenados desde las más jóvenes hasta las más antiguas, son: Ji-p = Pucara (no expuesta), Js-s = Jurásico Sarayaquillo superior, Ki-C = Cretáceo Cushabatay medio, Kis-ch = Cretáceo Chonta medio-superior, Ki-v = Cretáceo medio Vivian, Ks-ca-h = Cretáceo Cachiyacu-Huchpayacu superior, P-y = Paleoceno Yahuarango.



descritos para el campamento Mina de Sal. Este campamento se distingue de los otros por su gran variedad de unidades litológicas. En el ascenso desde la falla hacia el este se observa que el lecho rocoso se hace más antiguo. En el lado oeste de la falla, el patrón se repite, siendo las unidades en el oeste más antiguas (Fig. 17). El tipo de sustrato está fuertemente asociado con la morfología del paisaje. Los materiales más resistentes a la meteorización (Cushabatay, Sarayaquillo, Aguas Calientes y Vivian) forman las partes altas y las paredes casi verticales adyacentes al material geológico más suave.

Las partes más altas de esta trocha estaban sobre areniscas de cuarzo blancas de grano fino del Cretáceo inferior de la formación Cushabatay, después de las cuales seguían las capas rojas del Jurásico. La falla inversa hace que estas formaciones estén en contacto con las capas sedimentarias rojas mucho más jóvenes del Terciario (formación Yahuarango). Esta falla se ubica cerca del campamento intermedio (S 5°51'22.0" O 76°45'37.9", 1,216 m). La posición de la falla se distingue por la abundancia de árboles de *Erythrina ulei* con flores rojas. Al parecer, estos árboles son favorecidos por el material fracturado, que facilitaría la penetración profunda de los raíces y el acceso a mayor cantidad de nutrientes disponibles para la vegetación. De otro lado, tal vez la falla es una fuente de aguas más saladas lo que podría estar favoreciendo a estos árboles. Al este de la zona de las capas rojas se extienden unas capas rojas de menor edad que contienen zonas de arenas finas cementadas de calcita (formación Cachiyacu-Uchpayacu) y las areniscas de cuarzo claras de la formación Vivian. Llegando al río Cachiyacu se puede encontrar calizas gris-oscurs de la formación Chonta del Cretáceo medio, en la cual abundan los fósiles de organismos marinos (como conchas, bivalvos y amonitas). Al este del río hay arenas de cuarzo claras de la formación Aguas Calientes y una franja muy delgada de calizas de la formación Esperanza, y finalmente están las areniscas y las capas sedimentarias rojas asociadas al campamento Mina de Sal.

Debido a la gran variación de sustratos litológicos y topografías se desarrolla un mosaico de suelos de propiedades muy distintas en cuanto a color, textura y contenido de nutrientes. En las partes más altas los suelos

son más gruesos y pobres en nutrientes. Estas cumbres alojan un bosque enano de cumbres creciendo sobre una densa y profunda alfombra esponjosa de raíces. Debajo de estas áreas, en lugares con mayor influencia de las capas sedimentarias rojas, los suelos están dominados por arenas de grano fino, y son de textura más fina siendo poblados por bosques de niebla. Esta franja tiene una gran influencia sobre la composición del material coluvial debido a la alta inclinación de sus pendientes. Pasando la falla, la topografía del terreno se hace más suave y se extiende sobre un sustrato de granos finos (mayormente limolitas). Este permite la formación de suelos más ricos en nutrientes sobre el cual crece un 'bosque de catedral'. Antes de llegar al campamento base hay una franja delgada de areniscas de cuarzo de la formación Vivian que se distingue por el bosque enano en sus cumbres. Sobre la franja de suelos derivados del material calcáreo crece un bosque alto de valle y más cerca al río crece la vegetación sucesional. Los suelos sobre las calizas son influenciados por el material arenoso en el material coluvial que viene desde la cercana formación Vivian.

Desde el campamento se tenía acceso a una gran cantidad de quebradas, algunas con cataratas y cascadas, y lagunas pequeñas. La gran variación espacial en la composición litológica produce una gran variación en las propiedades químicas de las aguas superficiales. Las propiedades de estas aguas (aguas claras, baja conductividad y pH moderado) indican que los sustratos están dominados por sedimentos siliclásticos que no contribuyen altas concentraciones de iones disueltos en el agua. El rango de pH comprendía desde 4.3 (fuertemente ácido) a 7.3 (ligeramente alcalino) con un promedio de 6.5. La conductividad tenía un rango de 10 µS/cm hasta aproximadamente 2,000 µS/cm. Los valores altos indican aguas ligeramente salinas drenando los yacimientos de evaporitas. El color rojo del tributario Cachiyacu Colorado es una de las características de las aguas superficiales asociadas con depósitos de sal.

Alto Cahuapanas

El campamento Alto Cahuapanas está situado en el sector norte de la Cordillera Escalera (S 5°39'51.0" O 76°50'20.4", 1,028 m; Fig. 2). El campamento estaba ubicado en las cabeceras del Cahuapanas, que drena en

el río Marañón. El sustrato geológico está dominado por areniscas de cuarzo claras del Cretáceo Inferior de la formación Cushabatay¹, algunas de ellas con rastros de hierro. La zona al sudeste del campamento forma parte de una estructura anticlinal compuesta de capas rojas del Jurásico de la formación Sarayaquillo. También existen extensiones de capas rojas en las partes media y superior de la cuenca, río arriba del campamento. El campamento está rodeado de fallas y plegamientos posiblemente asociados a éstas, y estos han creado una zona de depresión que caracteriza al sitio. También es posible que las areniscas de cuarzo estén cementadas con calcita, lo que se evidencia por las hendiduras en algunas de las areniscas encontradas. Sin embargo, no se encontró ningún material calcáreo. Las áreas relativamente bajas están compuestas por planicies aluviales y terrazas onduladas que se dividen más mientras mayor su elevación por encima de los ríos. Los canales con agua estancada son comunes. Las planicies aluviales son cubiertas por material aluvial de diferentes edades derivado de las areniscas. Debido a que el área está rodeada de cerros escarpados, el material coluvial derivado de los derrumbes tiene una gran influencia sobre las condiciones edáficas.

Este campamento se distingue de los dos anteriores en varios aspectos importantes. Está formado por un tipo de material litológico (areniscas de cuarzo) con estratos litológicos con inclinación subhorizontal (los buzamientos de $<5^\circ$ son menores que aquellos ubicados en el sector sur de la Cordillera Escalera). Debido a que el material litológico predominante en esta parte de la cordillera está formado de cuarzo, suelos de areniscas y depósitos aluviales, se han desarrollado suelos de textura gruesa (arenosos) y fuertemente ácidos. Estos suelos son pobres en nutrientes y solo albergan plantas adaptadas a estas condiciones. Las aguas muestreadas en este campamento reflejan las características del material geológico. Todas las quebradas tienen agua fuertemente ácida (pH medio = 5.3) y muy pura, con conductividades

eléctricas que van desde 6.7 a 14.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (conductividad promedio = 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Aunque las aguas en este campamento son bastante homogéneas, se puede distinguir dos grupos de agua. Un grupo drena las áreas dominadas por arenisca. Estas aguas son de color marrón claro, parecido en apariencia y características químicas a las aguas negras de la selva baja. En contraste, las aguas que drenaban las áreas dominadas por depósitos aluviales estaban claras y muy puras.

En la región que rodea al campamento existen tres tipos de sustratos y unidades morfológicas. Las diferencias en nutrientes y contenido de humedad, junto con la variación topográfica, han permitido el desarrollo de distintas comunidades de plantas. Estas clases de sustratos incluyen afloramientos de roca madre, material coluvial y aluvial. En general la textura de los suelos es gruesa o moderadamente gruesa pero con mayor porcentaje de limo y arcilla en las cumbres. Las áreas con grandes afloramientos de roca parental albergan bosques de arbustales con bromelias terrestres. Las áreas influenciadas por el material coluvial están pobladas por plantas que toleran el estrés por falta de agua. Estas áreas están caracterizadas por una especie de bromelia que crece en el suelo. Cuando el sustrato es aluvial en áreas de llanura, hay un bosque de valle con un sotobosque rico en palmeras. Otro tipo de bosque localizado en los valles planos de tierras aluviales se parece a los chamizales de las llanuras amazónicas. Según las imágenes satélites es probable que estas comunidades de vegetación se hayan formado sobre material aluvial. Estos suelos tienen una gruesa capa de material orgánico y probablemente contienen turberas tropicales. Por consiguiente, es probable que las aguas que drenan estas áreas sean negras.

DISCUSIÓN

En esta sección discutiremos sobre las relaciones entre la geología, calidad de agua, animales y plantas. La química del agua es controlada por la erosión del lecho rocoso, la cual también forma suelos. La descripción de la composición del agua nos permite hacer inferencias sobre la riqueza de los suelos y su impacto sobre la flora y a la fauna. La composición del agua (Fig. 18,

¹ Se verificó la ocurrencia de la formación Cushabatay en este campamento. Las particulares características de esta formación fueron encontradas en otros campamentos. Estas arenas no tienen glauconitas, que son características de la formación Aguas Calientes del Cretáceo Medio. De acuerdo a Sánchez et al. (1997), esta formación se distingue por su matriz deleznable de arenas, en algunas ocasiones sin cemento, lo que hace que se desintegre fácilmente.

Apéndice 3), observaciones del suelo (Apéndice 4) y las descripciones de las rocas (Apéndice 5) nos permiten hacer comparaciones entre los lugares del inventario. Los datos que se discuten a continuación indican que el sector sur de la Cordillera Escalera posee paisajes con altos niveles de nutrientes, en comparación a los otros lugares de las llanuras de la Amazonía, pero un paisaje muy similar a los Cerros de Kampankis. Por otro lado, el sector del norte tiene un paisaje pobre en nutrientes que es similar a las llanuras amazónicas con suelos de arena de cuarzo, pero diferentes a las llanuras con suelos ricos en arcillas.

Paisaje, geología y calidad de agua

Hasta la fecha se han conducido siete inventarios rápidos que han utilizado la conductividad y el pH para clasificar las aguas superficiales. Esto se realizó para Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006), Nanay-Mazán-Arabela (Stallard 2007), Yaguas-Cotuhé (Stallard 2011), Cerros de Kampankis (Stallard y Zapata-Pardo 2012), Ere-Campuya-Algodón (Stallard 2013) y el inventario actual. Adicionalmente para expandir el marco geográfico de referencia, durante el mes de diciembre de 2012 Stallard visitó la Gran Sabana, escaló el Tepui de Roraima en Venezuela e hizo observaciones usando la misma técnica de mediciones.

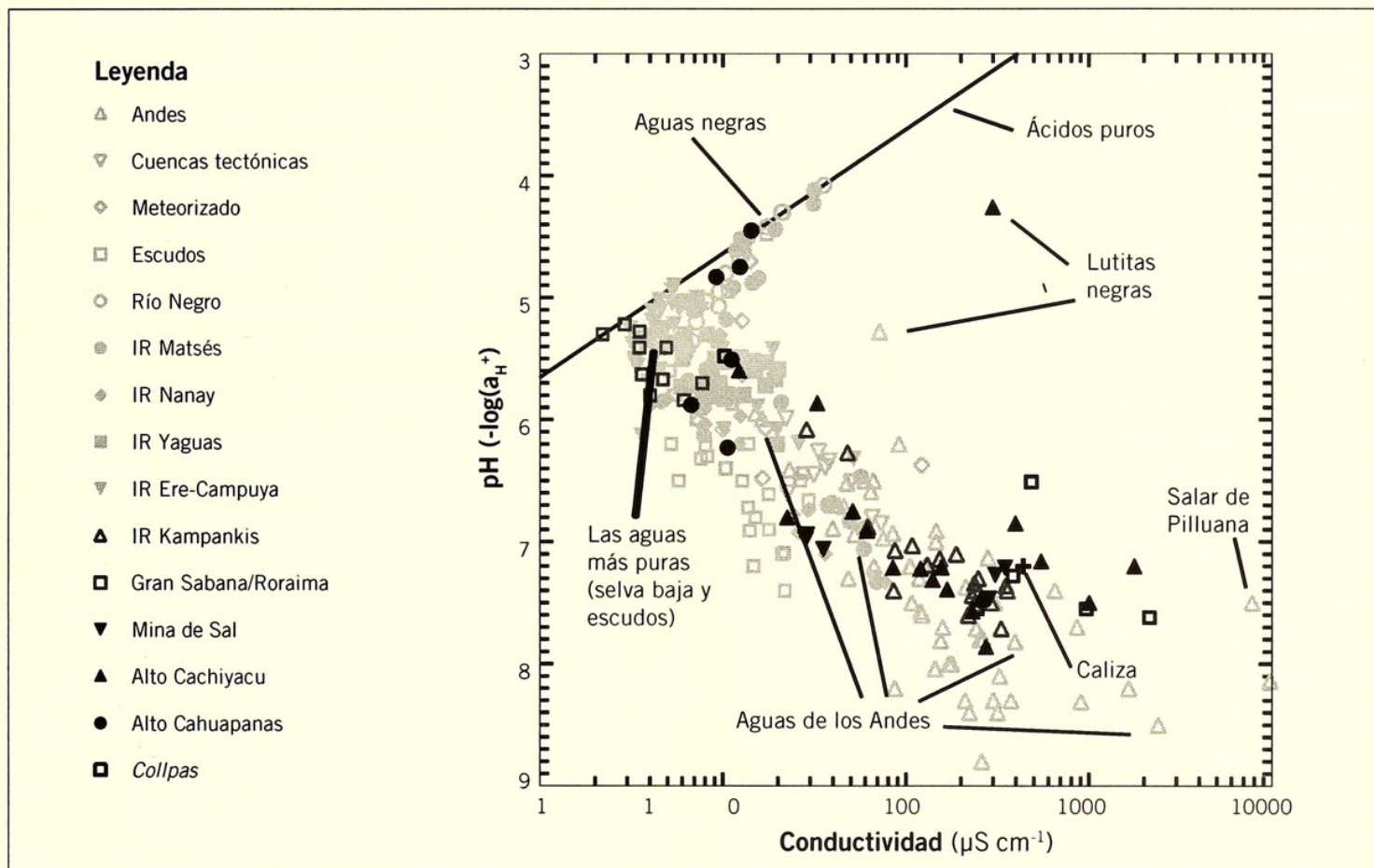
El uso de conductividad y pH ($\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$) para clasificar aguas superficiales de una manera sistemática es poco común, en parte debido a que la conductividad es una medida agregada de una gran variedad de iones disueltos. Los datos son distribuidos típicamente en un gráfico con una figura en forma de búmeran (Fig. 18). Cuando se tiene valores de pH menores a 5.5, la conductividad de los iones de hidrógeno, siete veces mayor a comparación de otros iones, causa un incremento de la conductividad cuando el pH disminuye. Cuando se tienen valores de pH mayores a 5.5, otros iones dominan y la conductividad aumenta con el aumento del pH. En otros inventarios la relación entre el pH y la conductividad fue comparada con los valores medidos en varios lugares de la Amazonía y la Orinoquía (Stallard y Edmond 1983, Stallard 1985). Para las muestras de selva baja, los gráficos de conductividad y pH permiten distinguir las aguas que originan de los diferentes depósitos geológicos (p. ej., arenas blancas,

formaciones Nauta 1 y 2, formación Pebas) que son por lo general difíciles de observar debido a la cobertura de suelos y vegetación. La presencia de una gruesa alfombra de raíces desarrollada en los suelos se correlaciona con las muestras de agua de baja conductividad y bajo pH. Esta característica, junto con las aguas marrón claras, caracteriza a los ríos de aguas negras. En todos los inventarios anteriores, las collpas destacan por sus aguas de alta conductividad a comparación de las quebradas que hay en los mismos paisajes.

El sector sur de la Cordillera Escalera es similar al paisaje muestreado durante el inventario rápido de los Cerros de Kampankis (Stallard y Zapata-Pardo 2012). En el gráfico de dispersión, las muestras de Kampankis coinciden con las muestras colectadas en el sector sur de la Cordillera Escalera (Fig. 18). Sin embargo, el sector sur cubre un rango más bajo de valores que los obtenidos en el inventario de Kampankis, debido a que más de muestras colectadas en Kampankis eran de cuencas llenas de areniscas. Las aguas de la parte baja del Cachiyacu y del Cachiyacu Colorado tenían medidas de conductividad y pH que coincidían con las collpas en otros lugares. Un apunte particular es que el río Cachiyacu Colorado cruza la Falla de Julca, una de las fallas regionales más grandes, justo por encima del local más elevado que muestreamos en ese río. El río Cachiyacu en el campamento base Alto Cachiyacu no era particularmente salado, lo que sugiere que una extrusión a lo largo de la falla donde el Cachiyacu Colorado cruza la trocha podría ser una fuente importante de sal. En general, la sal es abundante en el sector sur. También es probable que los árboles de *Erythrina ulei* que demarcan la falla están siendo favorecidos por estas sales.

Una muestra del sector sur (C2T4Q1, AM130018) fue inusual ya que mostró un resultado anómalo: pH bajo y conductividad alta. La muestra fue colectada de un pozo de aguas turquesas de 3 x 4 m, la cual estaba demasiado turbia (como leche) como para ver el fondo. Dos tipos de aguas tienen este tipo de composición. Una es el agua ácida hidrotermal, donde los ácidos son clorhídricos y sulfúricos. La otra es el agua derivada de la intemperización de los minerales sulfúricos, lo que produce ácido sulfúrico. Esto sucede durante la meteorización de las lutitas negras, en algunos depósitos

Figura 18. Mediciones en campo de pH y de conductividad, en micro-Siemens por cm. Los símbolos sólidos y en negro representan las muestras de agua de quebradas recolectadas durante este estudio, en la Cordillera Escalera-Loreto, en Loreto, Perú. Los símbolos sólidos grises claros representan las muestras colectadas en otros inventarios rápidos: Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006, combinada con Matsés), Nanay-Mazán-Arabela (Stallard 2007), Yaguas-Cotuhé (Stallard 2011) y Ere-Campuya-Algodón (Stallard 2013). Los símbolos abiertos color gris oscuro incluyen Cerros de Kampankis (Stallard y Zapata-Pardo 2012) y las muestras colectadas por Stallard durante el mes de diciembre de 2013 de la Gran Sabana y el Tepui Roraima en el Escudo Guayanés en Venezuela. Los símbolos abiertos de color gris claro corresponden a numerosas muestras colectadas en otros sitios de la cuenca del Amazonas y del Orinoco. Las muestras de *collpas* están indicadas con cuadrados negros. Vale notar que las muestras de Kampankis coinciden con las de Cordillera Escalera. Las muestras de la Gran Sabana y del Tepui Roraima forman un grupo único que está separado de las muestras más diluidas de Cordillera Escalera. Ambas drenan areniscas de cuarzo, pero el sustrato del Escudo Guayanés es mucho más antiguo y duro, y menos susceptible a la meteorización. Aunque hay conexiones florísticas entre el Escudo Guayanés y la Cordillera Escalera, la composición de agua es algo diferente. Casi todas las aguas negras de la cuenca del Amazonas y del Orinoco, incluyendo al río Negro, son de elevaciones más bajas que el Escudo Guayanés; éstas se superponen con las muestras de Escalera.



estuarios con intrusiones sulfúricas, y la meteorización de la mineralización de los sulfuros (frecuentemente asociada con el drenaje ácido de las minas). Esta muestra fue colectada en la formación Chonta, la que tiene capas de lutitas negras. Un manantial que salía de una de estas capas sulfúricas, característica de una lutita negra, podría explicar este pozo, donde las aguas podrían ser demasiado tóxicas para los organismos típicos de pantanos.

Las muestras en el sector del norte, colectadas alrededor del campamento Alto Cahuapanas, no contenían aguas de alta conductividad ni pH alto. Estas muestras se

parecen a las aguas muestreadas en el inventario rápido de Matsés en las arenas de cuarzo cerca la cabecera del río Gálvez y a lo largo del río Blanco (Stallard 2005a), y durante el inventario del Nanay-Mazán-Arabela en las cabeceras del Nanay (Stallard 2007). Estas son diferentes ríos de aguas negras, algunas con ácidos orgánicos casi puros y algunos con una poca cantidad de cationes agregados. Una alfombra densa de raíces cubre la mayor parte del paisaje alrededor del campamento, reflejando los suelos pobres en cationes. En numerosas áreas de las tierras altas, la alfombra de raíces fue reemplazada por grandes acumulaciones de musgo *Sphagnum*.

Tabla 1. Valores medianos de atributos químicos y físicos del suelo medidos en los campamentos durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Perú. Para facilitar la comparación también se presenta datos para los suelos de una región subandina de San Martín (Escobedo 2004, Lindell et al. 2010) y de la llanura amazónica (McGrath et al. 2001).

	Mina de Sal (n=5)	Alto Cachiyacu (n=7)	Alto Cahuapanas (n=4)	Región subandina (San Martín) Inceptisols y Entisols (n _{max} = 156)	Planicie amazónica Ultisols* y Oxisols** (n _{max} = 68)
Arcilla (%)	23	55	15	35	18*:61**
pH	3.6	4.3	3.7	5.6	4.7
MO (%)	3.2	3.0	0.7	3.4	2.6*:5.7**
N_{tot} (%)	0.17	0.16	0.04	0.30	0.15
P (ppm)	4.4	8.2	11.0	8.4	3.5
K (ppm)	58	192	51	78	n.a.
Ca (ppm)	48	3046	49	2325	220
Mg (ppm)	15	162	15	115	n.a.
CIC (meq/100)	7.0	18.8	4.2	10.8	3.5
SB (%)	8	77	14	99	n.a.

Por otro lado, las aguas muy negras y ácidas están ausentes del Tepui de Roraima y de la cercana Gran Sabana, donde las aguas son aún más puras (Fig. 18) y solo ligeramente manchadas con material orgánico disuelto. Las alfombras de raíces son pequeñas o ausentes, pero los musgos son más abundantes. Es así que a pesar de que la Cordillera Escalera comparte elementos florísticos con los paisajes de suelos de cuarzo del Escudo Guayanés, las aguas y los suelos son bastante distintos.

En resumen, el amplio rango de litología y la gran abundancia de areniscas ricas en cuarzo han producido un paisaje con la mayor variedad de aguas registrada en todos nuestros inventarios, que van desde aguas muy pobres en solubles en las quebradas aluviales del sector norte hasta las quebradas ricas en solubles afectados por evaporitas superficiales y los manantiales de agua saladas en el sector sur. Los carbonatos de la formación Chonta y dispersos en las lutitas producen una abundancia de niveles solubles intermedios en el sector sur, acompañado de suelos ricos en nutrientes y una variedad de hábitats. Las aguas ácidas que parecen estar influenciadas por ácidos sulfúricos naturales son únicas en la totalidad de nuestros inventarios pero podría estar reflejando condiciones inusuales de suelo que podrían acompañar a una flora distintiva.

Características de los suelos

Los suelos de los tres campamentos mostraron grandes variaciones en las características físicas y químicas. La textura de los suelos varió de arena gruesa a arcilla fina. Los suelos más finos (es decir, los suelos con un alto porcentaje de partículas de arcilla) se encontraron en el campamento Alto Cachiyacu. Los suelos del campamento Mina de Sal eran moderadamente finos, excepto en el caso del suelo gruesa sobre roca arenisca blanca en las elevaciones más altas. En contraste, los suelos aluviales en el campamento Alto Cahuapanas en general estaban moderadamente gruesos a gruesos. Una excepción fue el suelo amarillo fino muestreado en una de las cumbres. Las concentraciones de los nutrientes minerales variaron desde tan bajas como en los suelos de la llanura amazónica a niveles tan altos como en los suelos sobre sustratos calcáreos en la Región San Martín adyacente (Tabla 1). En general, sin embargo, los suelos estudiados eran fuertemente ácidos y deficientes en varios nutrientes importantes.

La textura del suelo es una variable muy importante, ya que está estrechamente relacionada con la fertilidad del suelo. En un estudio de los suelos subandinos bajo diferentes tipos de uso de tierra se encontró que el

porcentaje de arcilla fue el factor más importante para determinar las concentraciones de nutrientes en el suelo (Lindell et al. 2010). Los suelos finos del campamento Alto Cachiyacu fueron en verdad muy elevados en nutrientes en comparación con los suelos de los otros dos sitios, tanto en términos de macronutrientes (K, Ca, Mg) como de micronutrientes (Cu, Zn, Mn). Las concentraciones de nutrientes fueron particularmente altas a lo largo de dos secciones ($z \approx 700$ m y $z \approx 550$ m) de un transecto que estudiamos, el cual se extiende desde la elevación más alta hasta el río Cachiyacu. Estos suelos se han desarrollado sobre una roca madre con material calcáreo, las formaciones Cachiyacu-Huchpayacu² y Chonta. Las concentraciones de nutrientes elevadas que medimos son consistentes con la biomasa impresionante en el bosque de catedral y el bosque alto valle observada en estas secciones, respectivamente (D. Neill, com. pers.).

La acidez (pH) de los suelos estudiados fue fuerte (pH 3.8 la mediana³) y notablemente más baja que en los suelos subandinos al oeste de la Cordillera Escalera (San Martín; pH = 5.6), así como en los Ultisoles y Oxisoles de la llanura amazónica (pH = 4.7; Tabla 1). Un pH tan bajo indica que los suelos estudiados tienen una capacidad muy pobre de amortiguar la entrada de ácidos y que hay un riesgo de toxicidad de aluminio (Al). La saturación de Al fue de hecho elevada (potencialmente tóxica) en casi el 75% de los suelos muestreados, y la saturación de base (BS) fue extremadamente baja en muchos sitios (mediana de 8% y 14% en los campamentos Mina de Sal y Alto Cahuapanas, respectivamente). La capacidad de los suelos para retener los nutrientes (CCE) en estos sitios fue muy baja a baja y los nutrientes en estos suelos son por lo tanto muy vulnerables a la lixiviación. En contraste, el fósforo (P) puede volverse indisponible para las plantas en suelos ácidos debido a la fijación con Al y hierro (Fe). Los niveles medidos de P fueron en general muy bajos a bajos y alcanzaron niveles moderados en muy pocos sitios. Solo los suelos muestreados sobre lecho de roca calcárea en el campamento Alto Cachiyacu y una

muestra de suelos sobre depósitos evaporíticos (sal) en el campamento Mina de Sal fueron moderadamente ácidos (pH = 5.1–5.9).

Explotación de los recursos geológicos

Esta región no es conocida por la explotación de sus recursos geológicos. De acuerdo a PeruPetro (2013), la Cordillera Escalera abarca dos concesiones de petróleo y gas, los lotes 103 y 109, y hay pocas líneas sísmicas dentro de la Escalera. El bloque 103 fue adquirido en 2004 por la Petrolera Talismán del Perú, comprende 871,000 ha, pero solo 120 ha son explotadas. El bloque 109 fue adquirido por Repsol Exploración Perú; se extiende a lo largo de 359,000 ha, de las cuales 90 ha están siendo explotadas (en teoría esta área es la que tiene perforaciones y campamentos activos). La falta de líneas sísmicas en Escalera (PeruPetro 2012) es consistente con las pocas probabilidades de encontrar petróleo, lo que requiere de fuentes de rocas y una trampa geológica. Las fuentes de rocas incluyen a las formaciones Chonta y Esperanza, y otras formaciones más profundas, las cuales no están expuestas en Escalera (Rahkit Consulting 2002). Las rocas de reservorio son de las formaciones Cushabatay, Aguas Calientes y Vivian. El petróleo es más liviano que el agua y migra colina arriba. Para ser un reservorio óptimo de petróleo, una de estas formaciones tendría que estar sellada por una falla o un pliegue. En la Cordillera Escalera estas formaciones están expuestas sub-aéreamente, y todo el petróleo podría haber migrado completamente fuera de la roca y se habría perdido. Como resultado, la mayoría de las fuentes disponibles en la cuenca tectónica del Marañón están lejos de las cordilleras (Rahkit Consulting 2002). Los lotes 103 y 109 podrían ser reducidos de tal manera que no incluyan la Cordillera Escalera.

Las rocas sedimentarias de la Cordillera Escalera no son una fuente adecuada de oro u otros metales.

El potencial hidroeléctrico de algunos de los valles más profundos en la Cordillera Escalera es muy alto, en particular en donde el río Cahuapanas sale de la cordillera. Sánchez et al. (1997) sugiere que las calizas de la formación Chonta podría ser ideal para fabricar concreto, uno de los requerimientos para la construcción de una represa.

2 De acuerdo con el mapa geológico de la zona, las muestras de suelo C2T3S1-S3 se desarrollaron sobre arenisca gruesa (la formación Vivian). Sin embargo, los datos químicos (pH alto y Ca alto) sugieren que se superponen las capas rojas calcáreas adyacentes (la formación Cachiyacu-Huchpayacu). Los datos indican, además, que la frontera de contacto entre estas dos formaciones geológicas es aguda.

3 Compare este valor con el pH mínimo tolerable para algunos de los cultivos locales como banana (*Musa* spp., pH 4.0), cacao (*Theobroma cacao*, pH 4.5) y maíz (*Zea mays*, pH 5.0; Porta y López-Acevedo 2005).

AMENAZAS

La principal amenaza geológica para la región es la construcción de represas hidroeléctricas. El potencial de encontrar petróleo utilizable, gas o metales preciosos es muy bajo por lo que las actividades petroleras o mineras no se muestran como amenazas en la actualidad.

Otra de las amenazas para el diverso ecosistema de la Cordillera Escalera es la deforestación para realizar actividades de agricultura de subsistencia. La Cordillera Escalera delimita con áreas altamente deforestadas y fragmentadas. Las tierras de la Cordillera Escalera son muy vulnerables debido a la empinada topografía y a los suelos poco profundos. Estas características están asociadas a la gran frecuencia de deslizamientos que han afectado el paisaje y desplazado una gran cantidad de material litológico, rocas meteorizadas y lechos de roca. Además, la mayoría de los suelos y el material aluvial son derivados de arenas de cuarzo, las cuales producen suelos altamente ácidos y pobres en nutrientes. Es por eso que la mayoría de las tierras son frágiles y poco apropiadas para las actividades agrícolas. Adicionalmente, debido a que el paisaje está dominado por deslizamientos y gran parte de las áreas menos inclinadas y los fondos de valles están sujetos a frecuentes inundaciones, gran parte de la zona no es apta para el establecimiento de asentamientos humanos.

RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

- Proteger a la Cordillera Escalera para así preservar su paisaje de acantilados, laderas empinadas y cumbres, el cual fue creado por procesos tectónicos y de erosión a lo largo de los últimos 5 millones de años, y para preservar la diversidad de suelos y microhábitats que contribuyen a la biodiversidad de la región. Con la protección adecuada la Cordillera Escalera podría albergar una impresionante cantidad de suelos, plantas y animales.
- Evitar el desarrollo de grandes infraestructuras en esta región. Esta es una región con grandes riesgos geológicos. El potencial para movimientos sísmicos grandes (de magnitud 7 o más) y lo escarpado del terreno hace que sea una zona con muchos derrumbes. Los canales tienen peñascos grandes y grandes

orillas con terrenos sueltos, lo que es una señal de frecuentes inundaciones fuertes. Debido a estos riesgos geológicos la región no sirve para establecer una infraestructura de carácter intensivo ni para actividades de desarrollo en general. Esto incluye las carreteras, represas, caseríos humanos grandes y la mayor parte de las actividades agrícolas.

- Es importante proteger de la deforestación los suelos de los campamentos Mina de Sal y Alto Cahuapanas, ya que son altamente inadecuados para la producción agrícola debido a su fuerte acidez y bajos niveles de nutrientes. En particular, los suelos en las laderas en Mina de Sal necesitan atención ya que se encuentran cerca de la frontera agrícola-forestal. El área ocupada por bosques catedral en Alto Cachiyacu también merece atención ya que el relativamente alto contenido de nutrientes y el pH más alto de estos suelos los hacen atractivos para la producción agrícola.

VEGETACIÓN Y FLORA

Autores: David A. Neill, Marcos Ríos Paredes, Luis Alberto Torres Montenegro, Tony Jonatan Mori Vargas y Corine Vriesendorp

Objetos de conservación: Bosque enano de cumbres alrededor de los 2,000 m de elevación; muchas especies de plantas de distribución restringida, algunas de ellas reportadas solamente en los bosques sobre formaciones de arenisca en los tepuyes andinos y endémicas de esta zona; decenas de posibles especies nuevas para la ciencia y reportes nuevos para la Región Loreto; poblaciones saludables y sin evidencias de perturbación de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), especie maderable, sujeta a una extrema presión extractiva en la selva baja amazónica; una considerable variedad de especies de plantas ancestralmente utilizadas por el pueblo Shawi para la alimentación, medicina, elaboración de prendas de vestir y materiales de construcción

INTRODUCCIÓN

La Cordillera Escalera tiene una extensión aproximada de 100 km, a lo largo de la frontera entre las regiones de San Martín y Loreto en la Amazonía peruana, y cubre por lo menos 300,000 ha de territorio. Escalera es una de las 'cordilleras subandinas' ubicadas en la Cordillera Oriental de los Andes, las cuales incluyen, de norte a sur, la Serranía de la Macarena en Colombia, las cordilleras

GEOLOGY, HYDROLOGY, AND SOILS

Authors: Robert F. Stallard and Lina Lindell

Conservation targets: A geologically diverse landscape comprising two areas with contrasting rock, soil, and water types; in the south, a mosaic of various sandstones (quartz arenites, lithic, and sublithic arenites), limestones, shales, and small evaporates, associated with a diverse array of soil types and plant communities; in the north, a landscape dominated by Cretaceous quartz arenites, featuring soils and vegetation similar to those in other sub-Andean uplifts and Precambrian sandstones and deeply weathered granites on the Guayana Shield; streams and lakes spanning a broad range of acidity and conductivity, offering an exceptionally diverse habitat for aquatic organisms; historically and culturally important salt mines (evaporates); shallow, nutrient-poor soils and unstable slopes unsuitable for large-scale development

INTRODUCTION

The Cordillera Escalera forms a long and narrow range (about 125 x 30 km) that extends in an approximately NW-SE direction. At its northern end, the mountain front bends sharply to a WNW-ESE trend. Its southern end is the Huallaga River. The Cordillera Escalera separates two tectonic basins: to the southwest is the Huallaga tectonic basin, drained by the Huallaga and Mayo rivers, and to the northeast is the vast Marañón tectonic basin (Perupetro 2013). The latter extends to the Iquitos Arch and underlies much of the Amazon lowlands in Loreto. These basins contain extensive lowlands that lie at about 200 m above sea level (hereafter m). The divide is also the political boundary between San Martín Region to the west and Loreto Region to the east. Slopes in the Cordillera Escalera tend to be steep (25–60°) and the highest summits are about 2,300 m. Many of the slopes are defined by the bedding planes on the harder sandstone formations that form the mountains and by cliffs that are perpendicular to the bedding.

Regional geology

The Cordillera Escalera rapid inventory is similar to previous rapid inventories in Cordillera Azul (Foster 2001), Sierra del Divisor (Stallard 2006), and Cerros de Kampankis (Stallard and Zapata-Pardo 2012) in that all of these landscapes are dominated by bedrock that was deposited before (older than) the uplift of the

contemporary Andes. In other inventories in Loreto (i.e., ones not listed in the previous sentence), all the bedrock was deposited during and after the uplift of the Andes and was, in part, derived from these pre-uplift rocks. The rock formations in these mountains have different names depending on the literature source and local presence or absence, which in part depends on faults that were active in the Mesozoic and Cenozoic (more than 65 million years ago). Here we use the names from the summary of the geology for the Balsapuerto-Yurimaguas region by Sánchez et al. (1997). For geologic dates, we use the Geological Society of America geologic time scale (Walker and Geissman 2009).

The oldest geological formations in each of these ranges are the Jurassic red beds of the Sarayaquillo Formation (~175–145 million years old). This is followed by various sandstones, shales, and limestones that were deposited in a near-coastal environment. In the Cordillera Escalera, two massive, clean (white) quartz sandstone formations (quartz arenites) dominate: first the Cushabatay Formation, and then the Aguas Calientes Formation. These date to the lower Cretaceous (125–94 million years ago), and are separated by the much thinner fine-grained sandstones and shales of the Esperanza Formation. The marine dark shales and dark limestones of the Chonta Formation follow in the upper Cretaceous (94–85 million years ago). The clean massive quartz sandstones of the Vivian Formation (85–83 million years ago, much thinner than the Cushabatay and Aguas Calientes formations) are deposited on top of the Chonta Formation. Starting near the end of the Cretaceous (70–60 million years ago), the sandstones and shales of the Cachiyacu-Hushpayacu Formation were deposited. These sediments transition into the continental red beds of the Eocene Yahuarango Formation (55–34 million years ago). Next in the section are the darker shales and limestones of the brackish-water Eocene-Oligocene Pozo Formation (20–25 million years ago). This is followed by the red beds of the early-middle Miocene Chambira Formation (25–12 million years ago). Both the Pozo and Chambira Formations eroded from the rising Andes and were deposited on the west margin of the Pebas/Solimões depositional system in the Amazon lowlands (Rahkit Consulting 2002, Roddaz

et al. 2010). In the late Miocene (9 to 5 million years ago), the sandstones, shales, and conglomerates of the Ipururo Formation were deposited. Next, in the late Pliocene and early Pleistocene (2–3 million years ago), the fluvial conglomerates and sandstone of the Ucayali Formation were deposited. The Ucayali Formation and perhaps some of the subsequent alluvial deposits are contemporaneous with the Nauta 1 and 2 formations in the Amazon lowlands. The topmost alluvial deposits around Balsapuerto are pure white quartz sands, which in field appearance are quite similar to those in the Iquitos region and along the Blanco River (Stallard 2005a; R. Stallard, personal observation).

The eastern edge of the Cordillera Escalera is defined by a series of linked faults that are collectively described as the Eastern Peru (EP) Thrust Front (Veloza et al. 2012). South of the Escalera, roughly where it intercepts the Huallaga River, a second and more important set of faults trends north-south. These are the Pucallpa and Pasco Faults (PU, PA). To the west and south of these faults are small mountain ranges referred to as sub-Andean uplifts. From north to south, starting with the Marañón River, these ranges include the Cordillera Manseriche, the Cordillera Escalera, the northern Pampa del Sacramento, and the Sierra Contamana on the Contaya Arch on the east side of the Ucayali River. Negative gravity anomalies (see Navarro et al. 2005) indicate that the main sub-Andean uplift (negative anomalies indicating buoyancy) is to the west of the EP–PU/PA faults and does not include the Contaya Arch, which is an older crustal feature like the Iquitos Arch (both have a positive gravity anomaly indicating crustal support). In detail, the fault systems just described are often formed from a closely spaced series of smaller parallel faults. Additional more widely spaced parallel faults occur across the sedimentary basins. Many of the faults are reactivations of much older faults (Tankard Enterprises 2002).

The Andes were built as a series of orogenies (mountain-building episodes) caused by the subduction of the Nazca tectonic plate beneath Peru (Pardo-Casas and Molnar 1987). The Inca Orogeny in the Eocene-Oligocene (35–30 million years ago) established many of the active fault systems in the Escalera (Sánchez et al. 1997). Locally, downwarping caused a shallow marine

transgression associated with the deposition of the Pozo Formation. The most recent uplift of the Andes and sub-Andean ranges is referred to as the Quechua Orogeny and occurred in three pulses which are designated I, II, and III. The Quechua I Orogeny took place from the end of the Eocene into the Miocene (25–20 million years ago). It is associated with the deposition of the red beds of the Chambira Formation (Sánchez et al. 1997) and volcanic intrusions east of the Cordillera Escalera and just south of Balsapuerto (Stewart 1971, Rodriguez and Chalco 1975). The Miocene-Pliocene Quechua II Orogeny is associated with the deposition of Ipururo Formation 10 to 5 million years ago. Most of the faults in the Escalera Mountains were active during this uplift (Sánchez et al. 1997). Notably, the Chambira Formation has been uplifted into the Cordillera Escalera near Balsapuerto (near the Mina de Sal campsite), indicating that major faulting and folding happened after the Chambira deposition, but before the Ipururo deposition. The Quechua III Orogeny (2 to 3 million years ago) is associated with faulting in the lowlands across the Marañón tectonic basin, including faulting described in the Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006), and Ere-Campuya-Algodón rapid inventories (Stallard 2013). The collision of two relatively buoyant topographic anomalies on the Nazca plate, the Nazca Ridge in central Peru and the now-consumed Inca Plateau in northern Peru, appear to have controlled the style of plate subduction in northern Peru, including the lack of volcanism and episodes of ore deposition (Gutscher et al. 1999, Rosenbaum et al. 2005). The uplifts caused by the subduction of these features may have had a significant role in biogeography starting about 10 million years ago (Stallard 2005b).

Ongoing orogenies and abundant faults are associated with earthquakes. Indeed, the Mayo Valley immediately to the west of the Cordillera Escalera has abundant earthquakes at depths of less than 70 km (Rhea et al. 2010). The lowlands just to the east have abundant earthquakes at depths of greater than 70 km. In both areas, the largest quakes are near magnitude 7. The high levels of seismic activity, the steep slopes, and the wet conditions are the likely cause of the landslides visible everywhere in the Cordillera Escalera.

The faults and folds that have built the sub-Andean uplifts have an important role in human and animal biogeography. Evaporites (deposits of rock salt, gypsum, and anhydrite), some quite thick, were deposited under this entire region during the Permian and Jurassic (Benavides 1968, Rodriguez and Chalco 1975, Alemán and Marksteiner 1996). Salts and saline waters are forced up some of these faults. Extremely salty waters (137,000 ppm chloride, or seven times more saline than seawater) have been encountered during drilling (Wine et al. 2001). The salt itself is extruded through deep vents, called diapirs, which penetrate the younger sediments. Extrusions and springs along faults in the Kampankis Mountains (Stallard and Zapata-Pardo 2012) and in the Loreto lowlands (Stallard 2013) form *collpas* (salt licks) that attract birds and mammals seeking salt. In the region around the Cordillera Escalera, there are numerous diapirs and extrusions along faults (Benavides 1968), including near two of our campsites (Mina de Sal and Alto Cachiyacu). These salt deposits have had a major influence on human geography and trade routes (Rydén 1962) throughout western Amazonia.

The great abundance of massive clean quartz sandstones in surface outcrops is a major feature not only of the Cordillera Escalera, but of many of the nearby sub-Andean uplifts and uplifts extending into Ecuador and Colombia. During orogenies, erosion starts removing all sediments that are lifted above the adjacent lowlands (above local base level). The softest (shales) and most chemically erodible (evaporites and limestones) sediments are removed first (weathering-limited erosion; Stallard 1985, 1988). With time, the most resistant formations prevail. Thus, during uplift the softest sediments contribute strongly to the adjacent basin deposits, while the chemically erodible sediments are carried in solution to the ocean or to lakes (Pebas system). The Quechua I orogeny probably removed much of the older erodible material from the Cretaceous and early Neogene, while the Quechua II continued this process and also removed the uplifted Chambira Formation. These re-eroded (polycyclic) sediments lose nutrients with each cycle of weathering and erosion, producing ever poorer sediments. With time, the slowly eroding clean quartz sandstones contribute an ever larger portion of clastic

(particulate) sediment, causing associated river-borne sands to trend towards a purer-quartz composition. The fluvial terrace upon which Balsapuerto is built has soils of snow-white, pure quartz sand. It is reasonable to propose that this late-stage erosion may be the source of the white-sand deposits in the Amazon lowlands near Iquitos and to the south.

The region being considered for conservation status can be separated into two sectors based on geology and structure. The southern sector includes the entire Cachiyacu watershed, while the northern sector includes all of the watersheds to the north, the largest of which is the Cahuapanas River, which drains directly into the Marañón River. Between these two large watersheds is the Yaracyacu watershed. The valley of the Yaracyacu runs along the Shanusi-Yaracyacu Fault, which bends from NW-SE to almost W-E where it forms the boundary between the two sectors. The style of faulting and folding in the southern sector results in the exposure, at steep angles, of all the rock formations of the region. The exposure is also repeated across several faults. Some of these faults also have salt extrusions or salt springs, and there is one salt diapir, the *mina de sal*. In the northern sector the formations dip towards the lowlands, forming a long series of tabular sandstone ridges and shale valleys. The interior of the uplift has nearly horizontal bedding ($<5^\circ$ dip) and is eroded down to the Cushabatay sandstone and underlying Sarayaquillo red beds to form a broad interior valley with densely vegetated tabular sandstone mountains.

If it were not for the vegetation, the tabular mountains of the northern sector would resemble the tepuis of the Guyana Shield, formed from the Roraima metaquartzite (metamorphosed quartz sandstone). The difference between the Cushabatay sandstone and the Roraima metaquartzite is that the latter is much tougher and less porous. A peculiar softness of some layers is in fact a field indicator for the Cushabatay (Sánchez et al. 1997). Several factors may contribute to the difference in properties. Porosity is reduced with time and depth of burial, and the Roraima is 20 times the age of the Cushabatay. Water moving through pores dissolves the cement (usually also quartz), thereby softening the rock. Moreover, some layers in the Cushabatay are cemented

with calcite (the main component of limestone), which is quite susceptible to chemical weathering. Even clean quartz sandstone has minor nutrient-bearing minerals, and more rapid weathering will provide more bedrock nutrients and sustain more vegetation. The northern sector, however, has the geology of a rather nutrient-poor landscape compared to the southern sector.

METHODS

To study the landscape of the Cordillera Escalera, we visited three sites located in some of the most interesting parts of the Cordillera (see the chapters *Regional overview* and *Sites visited during the biological and social inventories*, this volume). These three sites feature distinct characteristics, allowing the investigation of several different environments. One site was located in the northern sector of the cordillera, in the watershed of the Cahuapanas River, which discharges into the Marañón River (Fig. 2). The two other sites were located in the southern sector, in the Cachiyacu watershed, which discharges into the Paranapura River, which in turn discharges into the Huallaga River (Fig. 6C).

Field exploration was done traversing a trail system radiating from each campsite. In addition the banks of some of the largest rivers were traversed. Geographic coordinates (WGS 84) and elevation were recorded for every sample point for rocks, soils, and surface-water samples or measurements. Data for strike, dip, and alignment of other structures were recorded in azimuth degrees using a Silva compass. Different geological units were sampled, including evaporate materials and fossil specimens. For sampling and interpretation of lithology (composition of rocks), we utilized a rock hammer, chisel, hydrochloric acid (10% or 1.2M, to detect calcite), and a hand lens (10×). In total we collected 40 representative samples of Jurassic, Cretaceous, and Tertiary formations. To describe lithology we employed the bedding thickness nomenclature of Ingram (1954) and Watkins (1971) and the granulometric (grain-size) scales of Wentworth (1922), and to describe the composition of deposits we used the nomenclature of Folk (1962, 1974).

To study the relationship between different rock types and the soils developed upon them, we collected 16 soil samples. We worked together with botanist David Neill

to describe the composition of the plant communities in each sample site. Each sample is a composite of three profiles separated by a distance of 10 m. There was one exception: a site with a mosaic of distinct soils with narrow separation distances, where each profile was a single sample. The surface organic material (OM) was discarded and the top 10 cm of mineral soil collected. In the field laboratory, texture (Stallard 2005a) and color (Munsell 1954) were described. A set of kits (Rapitest) based on color comparison was used to measure pH and the following soil macronutrients: nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K). Soil pH was also measured using ColorpHast pH strips in a 1:5 suspension of soil in distilled water. After returning from the field, soil samples were measured in a Peruvian laboratory (Consultores para la Innovación Tecnológica de la Amazonía) to determine percentages of sand, silt, and clay, as well as levels of macronutrients (N, P, K) and micronutrients (Fe, Cu, Zn, Mn, B), CaCO₃, OM, cation-exchange capacity (CEC), and exchangeable cations.

To characterize surface waters, we examined all the rivers, streams, springs, and lakes encountered near the camps and along the trails. A total of 27 sites were sampled. We recorded the strength of the flow, the appearance of the water, bed composition, the width and depth of flow, and bank height. We measured pH, electrical conductivity (EC), and temperature *in situ*. Water pH was measured using ColorpHast pH strips using four ranges (0.0–14.0, 2.5–4.5, 4.0–7.0, 6.5–10.0). Conductivity was measured with a portable digital instrument (Milwaukee CD 601). Three samples were collected in purged Nalgene bottles. A 30-mL sample was used to measure pH in laboratory conditions (same temperature, pressure, and calibration) using an ExStick EC500 pH/conductivity meter (ExTech Instruments). A 60-mL sample was collected to determine suspended solids. A 250-mL sample was collected for a comprehensive analysis of major constituents and nutrients. This sample was sterilized using ultraviolet light in a 1-L wide-mouth Nalgene bottle using a Steripen. The samples were stored and transported in a Styrofoam cooler to limit temperature variation and exposure to light. Suspended sediment concentrations were measured by weighing air-dried filtrates (0.2 micron

polycarbonate filters; Nucleopore) of known-sample volumes. Studies of tropical rivers in eastern Puerto Rico (Stallard 2012) indicate that low concentrations (<5 mg/L) are typically dominated by organic matter while higher concentrations are mostly composed of mineral matter.

To assist in the interpretation of the water-quality data, the fraction of different lithologies within the contributing watershed of each sample was calculated. This calculation, based on a geological map and a digital elevation model, was done by Mark Johnston and Jon Markel.

RESULTS

The Cordillera Escalera is elongated with a strike that parallels the regional trend of the Andes (NW-SE). It is formed from sedimentary deposits that range from the Jurassic Period (160 million years) to the Miocene (5 million years). These deposits consist of 10 geological formations, including both marine and continental sediments. Lithologically, sediments encompass white quartz sandstones (53%) and red beds (also known as molasse, 36%) that include a few small evaporate deposits and shales with calcite (8%). These outcrops are similar to those exposed in the cordilleras to the north and south, whereas the sub-Andean zone to the west (San Martín Region) has a greater portion of younger lithologies, including a greater portion of limey material.

Erosion by the hydrologic network has produced a highly varied landscape in which the most resistant lithologies (sandstones) form deep valleys and scarps, whereas the softer formations (siltstones and shales) and easily dissolved limestone form less steep zones and inundated areas. The zone is strongly affected by folds and faults that have lifted the oldest lithologies to the surface. This is characteristic of the southern sector of the Escalera, which features the entire range of lithologies encountered in the Cordillera. Although quartz sandstones are abundant (40%), fine-grained lithologies have a major influence over the composition of water, soils, and plant communities. In contrast, the northern sector is more homogeneous, being composed principally of two distinct upland lithologies: the quartz sandstones of the lower Cretaceous (68%) and the red beds of the

Jurassic (19%). The valleys are floored by extensive Holocene alluvial deposits.

The edaphic character in the Cordillera Escalera depends on the lithological composition of the substrate and the topography (that is to say, the bedrock, colluvium, alluvium, altitude, slope, aspect, and drainage). Because much of the Cordillera is formed from quartz sandstones, most of the soils are moderately coarse to coarse-grained, shallow, and with little development (Entisols). Many of the soils have near-surface (<10 cm), partially weathered rocky material. These soils are generally acidic and nutrient poor. However, the red beds and the limestones, which contain calcite (CaCO_3), have seen the development of much more fertile soils. Soils vary dramatically in texture and nutrient content because of the variation of the composition of the geological formations. The red beds, for example, consist in large part of sandstones (very fine- to fine-grained) but also have beds of siltstone and mudstone. Because of the rugged topography and tectonic processes (earthquakes) there is a high frequency of landslides and debris flows. Huge quantities of material are transported from the highest elevations to form colluvial deposits in valleys. The huge quantity of colluvium contributes to the mosaic of soils. The colluvial soils are distinguished from those that are uniquely derived from bedrock.

The chemical characteristics of surface waters reflect the compositions of the bedrock and soils they drain. Owing to the diversity of bedrock lithology there is a great variety in the chemical composition of surface waters (streams, rivers, and lakes). A large portion of the small streams have clear waters, whereas the rivers are turbid (white water), but there are also clear-brown waters. Measured laboratory pH varied between 4.3 (strongly acid) and 7.9 (slightly alkaline). In general, waters are more acid in the north than in the south, and average laboratory pH was 5.3 and 7.0, respectively. This is because the waters sampled in the north drain quartz sandstones and alluvial material derived therefrom, whereas in the south there is a higher abundance of fine-grained bedrock and calcareous material. Laboratory conductivity varied from very low (6.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$) in water draining alluvium derived from quartz sandstones to high (1,767 $\mu\text{S}/\text{cm}$) in waters draining massive evaporates.

Average laboratory conductivity was 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 277 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the north and south, respectively. High suspended sediment concentrations are associated with streams that drain shales and red beds. In addition, high suspended sediment concentrations require high flows; compare two samples from the Cachiyacu in the Mina de Sal camp (high-water C1T0Q1/AM130003 and low-water C1T0Q3/AM130004 in Appendix 3).

The parameters and descriptions of the waters, soils, and rocks that were sampled and analyzed in the various camps of this rapid inventory are given in Appendices 3, 4, and 5, respectively. In the next sections we provide more detailed information about the sites visited.

Mina de Sal

The Mina de Sal campsite is located on the bank of the Cachiyacu River in the southern sector of the Cordillera Escalera (S 5°53'2.2" W 76°36'15.7", 267 m; Fig. 2). The rivers that drain the slopes around the camp discharge into the Cachiyacu which downriver joins the Paranapura River, a tributary of the Huallaga River. Because of inverse faults with the same trend as the Cordillera (NW-SE) bedrock of different ages has been lifted to the surface. The areas accessible from the camp are on two lithologic substrates. In the highest areas surrounding the camp are minor extensions of clean quartz sandstones of the lower Cretaceous (Cushabatay Formation) exhibiting a wide range of grain sizes (very fine to very coarse). However, most of the region around the camp is on upper Jurassic red beds (Sarayaquillo Formation). At the camp itself this is dominated by very-fine-grained reddish sandstones with a few beds of reddish siltstone. Associated with this formation are evaporites (salt deposits) formed from gypsum (or anhydrite) and rock salt (halite, NaCl), which are mostly exposed along the channel of the Cachiyacu (which means salt river). These salt deposits have played an important role in the development of the local communities and continue to be important to nutrition today. The Shawi also utilize the gypsum (which they call 'dead salt'). After it is roasted (converted to anhydrite) and pulverized to form a talc-like material, the gypsum is used in the production of cotton yarn for traditional clothing (*a'siantë*, or *pampanillas*).

Because of the steep slopes, much of the bedrock is covered with colluvium. This, along with variation in topography and the character of the bedrock, creates a mosaic of soils. The fraction of colluvial material derived from the quartz sandstones increases to the west and to higher elevations. There is also a greater abundance of colluvial material derived from clean quartz sandstones in areas to the south of the Cachiyacu. Despite the variation of soil compositions, it is possible to distinguish two main types: reddish-brown soils developed over the red beds, and grayish brown soils developed over the quartz sandstones. The soils on sandstones support a more diverse and taller vegetation than is typical for nutrient-poor and strongly acidic soils. Except for a small patch of ridgetop dwarf forest on quartz sandstones, the sandstones and red beds at a given altitude supported similar plant communities (tall slope forest). This can be attributed to this zone being in an area of lithological transition, as illustrated by a small zone of yellow-brown soils between the red beds and the clean sandstones. It may be possible that because of the tilt of the bedding, roots of vegetation developed on the quartz sandstones reach the red beds below.

Streams from various watersheds, arrayed in parallel, discharge into the Cachiyacu River on both banks. Two of these rivers were accessible from camp: the Shimbilloyaco and the Buen Paso stream. The properties of these waters (clear water, low conductivity, and moderate pH) indicate that the substrates are dominated by siliclastic sediments that do not contribute high concentrations of dissolved ions to these waters. Average pH was 7.0 (neutral), and conductivity was 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In contrast, the average pH and conductivity of the Cachiyacu River, which drains rather varied lithologies in its headwaters, including evaporites, were 7.3 (neutral) and 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectively. This is a turbid white-water river because of the large suspended load.

Alto Cachiyacu

The Alto Cachiyacu campsite is located in the southwestern part of the Cordillera Escalera (Fig. 2), although east of the divide between the Mayo and Paranapura rivers. It is located on the bank of the Cachiyacu River, in the upper part of its watershed.

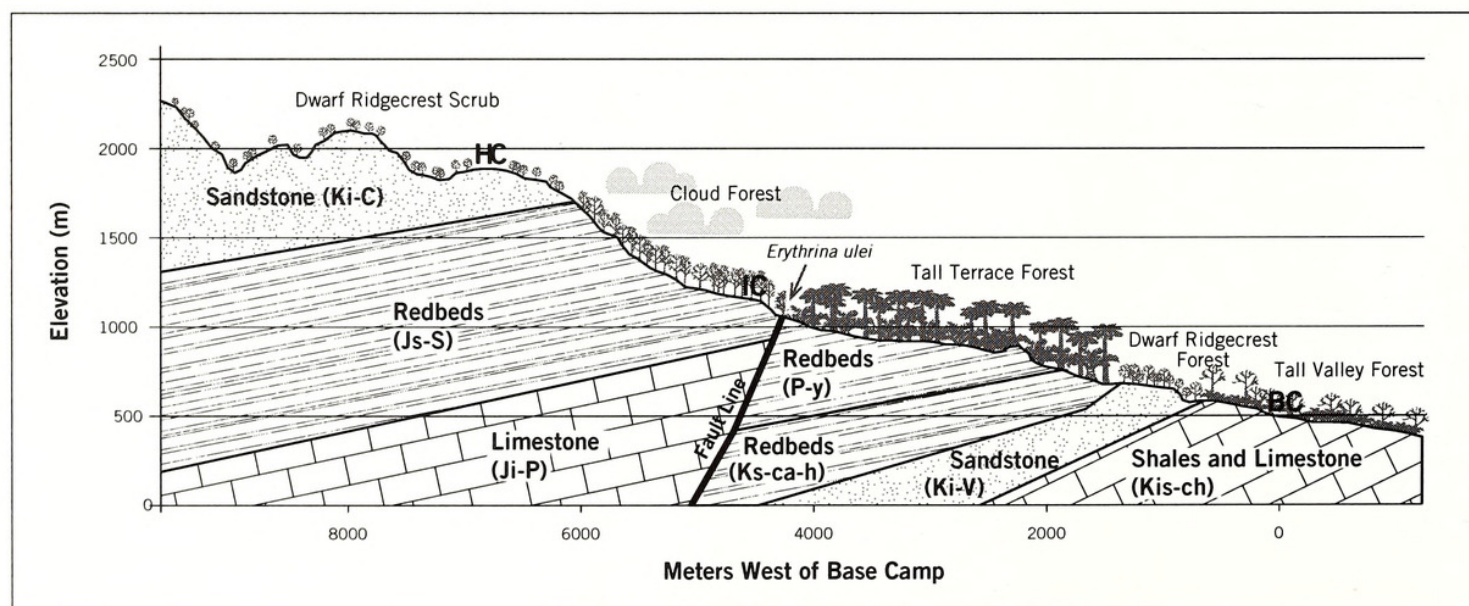
A long transect (Fig. 17) was studied between the camp (S 5°51'31.0" W 76°43'3.4", 510 m) and one of the ridges to its west (S 5°52'2.1" W 76°46'29.3", 1,930 m). This campsite is in the same zone affected by faults and folds as the Mina de Sal campsite. This campsite is distinguished from the others by the large variety of different bedrock types. Climbing from the fault towards the east, bedrock becomes older. On the west side of the fault, the pattern repeats with units becoming older to the west (Fig. 17). Bedrock type is strongly associated with landscape morphology. The formations most resistant to weathering (Sarayaquillo, Cushabatay, Aguas Calientes, and Vivian formations) form the highest landforms and near-vertical walls adjacent to softer substrates.

The uppermost parts of this transect were on the fine-grained, white quartz sandstones of the lower Cretaceous Cushabatay Formation, after which followed Jurassic red beds. The inverse fault places these formations in contact with the much younger red beds of the Tertiary Yahuarango Formation. This fault was located near the intermediate camp along the transect (S 5°51'22.0" W 76°45'37.9", 1,216 m). The fault trace is distinguished by a line of red-flowered *Erythrina ulei* trees (Fig. 17) that appear to favor the fractured rocks, which may aid

deep-root penetration and better access to plant nutrients or the fault may be a source of saltier waters that may favor these trees. To the east of this zone of red beds there are younger red beds that contain zones of fine sands cemented with calcite (Cachiyacu-Hushpayacu Formation) and the clean quartz sandstones of the Vivian Formation. At the Cachiyacu River are the dark-gray limestones of the middle Cretaceous Chonta Formation, in which fossils of marine organisms are abundant (including snails, bivalves, and ammonites). To the east of the river are the clean quartz sands of the Aguas Calientes Formation, then the thin limestone layers of the Esperanza Formation, and finally the red beds and sandstones associated with the Mina de Sal campsite.

Due to the great variation of bedrock lithology and topography, a mosaic of soils has developed with strong variation in color, texture, and nutrient content. At the highest elevations, soils are coarser and nutrient poor. These summits support dwarf forest growing on a thick, dense, spongy root mat. Below, in the areas with stronger influence of red beds, soils are dominated by fine-grained sands, have a finer texture, and support cloud forest. This zone exerts strong control over colluvium composition because of its steep slopes. Upon crossing the fault, the

Figure 17. Geology and vegetation along an altitudinal transect from Alto Cachiyacu base camp to Alto Cachiyacu summit camp, based on observations made during a rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Peru. Camp locations are indicated by two-letter abbreviations: BC=base camp, IC=intermediate camp, HC=summit camp. Geological formation codes, from old to young, are: Ji-p=Pucara (nowhere exposed), Js-s=upper Jurassic Sarayaquillo, Ki-C=middle Cretaceous Cushabatay, Kis-ch=middle-upper Cretaceous Chonta, Ki-v=middle Cretaceous Vivian, Ks-ca-h=upper Cretaceous Cachiyacu-Huchpayacu, P-y=Paleocene Yahuarango.



topography becomes gentle over finer-grained substrates (largely siltstones). This permits the formation of more nutrient-rich soils over which a cathedral-like forest has developed. Before arriving at the base camp is a thin bed of quartz sandstones (Vivian Formation) that is distinguished by a dwarf forest on its summits. On top of calcareous materials grows a tall valley forest and close to the river is a successional forest. The soils on the limestones are influenced by the sandy material in the colluvium derived from the adjacent Vivian Formation.

This camp provides access to a wide variety of streams, some with waterfalls and cascades, and small lakes. The great variation in bedrock lithology produces great variation in the chemical properties of surface waters. The properties of these waters (clear water, low conductivity, and moderate pH) indicate that substrates are dominated by siliclastic sediments that do not contribute high concentrations of dissolved ions to these waters. Measured pH ranged from 4.3 (strongly acid) to 7.9 (weakly alkaline), with an average of 6.5. Conductivity ranged from 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ to $\sim 2,000$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. The high values indicate somewhat salty waters draining evaporites. The reddish color of the Cachiycu Colorado tributary is characteristic of surface waters associated with salt deposits.

Alto Cahuapanas

The Alto Cahuapanas campsite is located in the northern sector of the Cordillera Escalera (S 5°39'51.0" W 76°50'20.4", 1,028 m; Fig. 2). The campsite is in the headwaters of the Cahuapanas River, which contributes water to the Marañón River. The bedrock is dominated by the clean quartz sandstones of the lower Cretaceous Cushabatay Formation¹, some of which are tinted by iron. The zone to the southeast of the camp forms part of an anticline cored by Jurassic red beds of the Sarayaquillo Formation. There are also extensions of the red beds in the middle and upper parts of the watershed, upriver from camp. The camp is surrounded by faults and possibly associated folds, and these have created a depressed area that characterizes the site. It is also

¹ The occurrence of the Cushabatay Formation was verified at this campsite. The particular properties of this formation were encountered in the other camps. These sands do not have glauconite, which is characteristic of the middle Cretaceous Aguas Calientes Formation. According to Sánchez et al. (1997), the formation is distinguished by its friable sandy matrix, at times without cement, which causes it to easily disintegrate.

possible that some of the quartz sandstones are cemented with calcite, as is indicated by solution pockets in some of the sandstones encountered. However, no calcareous material was encountered. Relatively low areas are formed from alluvial plains and undulating terraces that are increasingly dissected with altitude above the rivers. Channels with standing water are common. The alluvial terraces are covered with alluvial material, derived from the sandstones, of different ages. Because this area is surrounded by peaks with escarpments, colluvium derived from landslides has considerable influence on edaphic conditions.

This campsite is different from the previous two in several significant aspects. It is formed from one type of lithology (quartz sandstones) with strata being subhorizontal (the dips of $<5^\circ$ are less than those in the southern sector of Cordillera Escalera). Because the predominant bedrock in this part of the cordillera is quartz, sandstone soils and alluvial deposits have developed that are coarse-grained (sandy) and strongly acidic. These soils are nutrient poor and only support plants that can grow under these conditions. The waters sampled in this camp reflect the characteristics of the geological substrate. All the streams have strongly acidic waters (average pH = 5.3) and very pure waters, with conductivities between 6.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 14.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (average = 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Although waters at this campsite were rather homogeneous, it was possible to distinguish two groups of water. One group drained areas dominated by sandstones. These waters are clear brown, similar to weak black waters of the lowland jungle. In contrast, waters that drained alluvial deposits were clear and quite pure.

The region around this campsite features three types of substrates and principal morphological units. Variation of these substrates in nutrient and moisture content, along with topographic variation, has permitted the development of distinct plant communities. The classes of substrates include bedrock outcrops, colluvium, and alluvium. In general soils are moderately coarse to coarse-textured, but with a larger portion of silt and clay near summits. Areas with extensive bedrock outcrops support shrub forests with terrestrial bromeliads. Areas influenced by colluvial deposits are populated by plants that can tolerate drought stress. These areas are characterized by

one species of bromeliad that grows in the soil. When the substrate is alluvial in floodplains, there is a valley forest with a palm-rich understory. Another forest type in the flat valleys on alluvium is similar to the *chamizal* forest of the lowland jungle. Based on satellite images it is likely that these soils are developed on alluvium. These soils have a thick surface layer of organic material and are likely to include tropical peats. It is likely that streams draining these areas are black waters.

DISCUSSION

In this section we discuss the relationship between geology and water quality and geology, animals, and plants. Water chemistry is controlled by the weathering of bedrock, which also forms soils. Describing water composition also allows us to make inferences about the richness of the soils and their impact on the flora and fauna. Water composition (Fig. 18, Appendix 3), soil observations (Appendix 4), and rock descriptions (Appendix 5) allow comparison among inventory sites. The data, discussed below, indicate that the southern sector of the Cordillera Escalera possesses a very nutrient-rich landscape compared to inventory sites in Peru's Amazonian lowlands, but one quite similar to the Kampankis Mountains. In contrast, the northern sector has a nutrient-poor landscape that is similar to the Amazon lowlands in areas of quartz-sand soils, but unlike lowland landscapes on clay-rich soils.

Water quality, geology, and landscape

Thus far, seven rapid inventories have used conductivity and pH to classify surface waters. These are Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006), Nanay-Mazán-Arabela (Stallard 2007), Yaguas-Cotuhé (Stallard 2011), Cerros de Kampankis (Stallard and Zapata-Pardo 2012), Ere-Campuya-Algodón (Stallard 2013), and the present inventory. In addition, to expand the geographic frame of reference, during December 2012, Stallard visited the Gran Sabana and climbed the Roraima Tepui in Venezuela and made observations using the same water-measurement techniques.

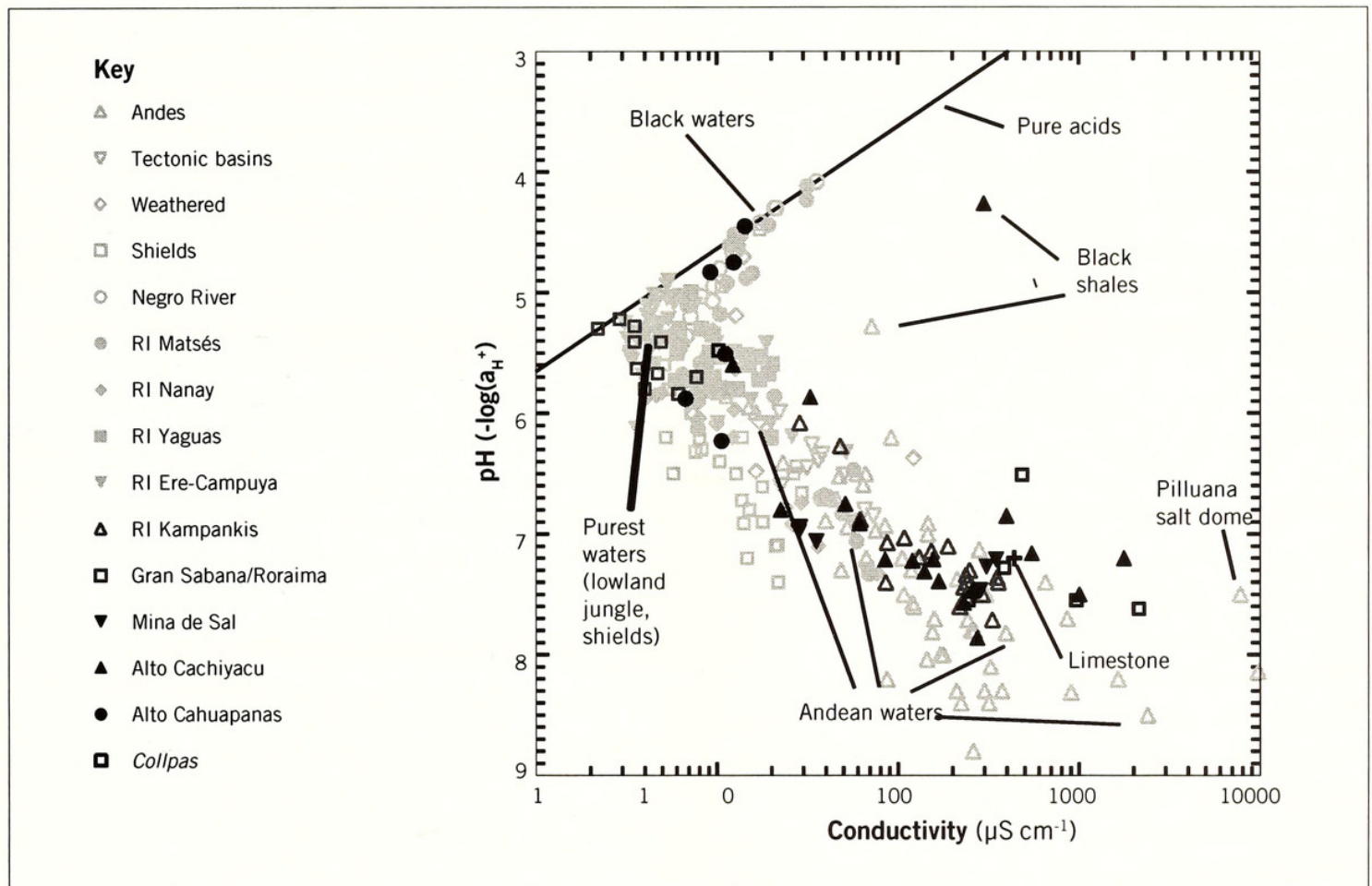
The use of conductivity and pH ($\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$) to classify surface waters in a systematic way is

uncommon, in part because conductivity is an aggregate measurement of a wide variety of dissolved ions.

Data are typically distributed in a boomerang shape on the graph (Fig. 18). At values of pH less than 5.5, the seven-fold greater conductivity of hydrogen ions compared to other ions causes conductivity to increase with decreasing pH. At values of pH greater than 5.5, other ions dominate and conductivities typically increase with increasing pH. In the previous inventories, the relationship between pH and conductivity was compared to values determined from across the Amazon and Orinoco river systems (Stallard and Edmond 1983, Stallard 1985). For samples from lowland areas, conductivity-pH graphs permit one to distinguish waters that originate on different geological deposits (e.g., white sands, Nauta 1 and 2 formations, Pebas Formation) that are frequently hard to observe directly because of soil and vegetation cover. The presence of a thick root mat developed on soils correlates with samples of especially low conductivity and especially low pH. This feature, along with clear brown water, characterizes black water rivers. In all previous inventories, *collpas* (salt licks) have been distinguished by higher conductivity waters than streams in the same landscape.

The southern sector of the Cordillera Escalera is similar to the landscape sampled during the Cerros de Kampankis rapid inventory (Stallard and Zapata-Pardo 2012). In the pH-conductivity scatterplot the Kampankis samples overlap with samples collected from the southern sector of Cordillera Escalera (Fig. 18). However, the southern sector covers a lower range of values than the Kampankis inventory because more samples draining almost exclusively sandstones were collected in Kampankis. Waters from the lower Cachiyacu and the Cachiyacu Colorado had conductivity-pH measurements that matched *collpas* at other sites. Of particular note is that the Cachiyacu Colorado crosses the Julca Fault, one of the largest regional faults, just upstream of the farthest upstream sample. The Cachiyacu River at the Alto Cachiyacu base camp is not particularly salty, indicating that salt extrusion along the fault where the Cachiyacu Colorado crosses the trail may be an important source of salts in the surface waters. In general, however, salt is

Figure 18. Field measurements of pH and conductivity, in micro-Siemens per cm. The solid black symbols represent stream-water samples collected during this study, in the Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Peru. The solid light gray symbols represent samples collected during previous inventories; these are Matsés (Stallard 2005a), Sierra del Divisor (Stallard 2006, combined with Matsés), Nanay-Mazán-Arabela (Stallard 2007), Yaguas-Cotuhé (Stallard 2011), and Ere-Campuya-Algodón (Stallard 2013). Darker gray open symbols include Cerros de Kampankis (Stallard and Zapata-Pardo 2012) and samples collected by Stallard during December 2012 from the Gran Sabana and the Roraima Tepuy on the Guyana Shield of Venezuela. The open light gray symbols correspond to numerous samples collected elsewhere across the Amazon and Orinoco basins. *Collpa* (salt-lick) samples are indicated as black squares. Note that the Kampankis samples overlap the Cordillera Escalera samples. Samples from the Gran Sabana and the Roraima Tepuy form a distinctive grouping that is quite separate from the most dilute samples from Cordillera Escalera. Both drain quartz sandstone, but the substrate in the Guyana Shield is much older and tougher and less susceptible to weathering. Thus, although there are floristic connections between the Guyana Shield and the Escalera, the water compositions are somewhat different. Almost all of the Amazon and Orinoco black water rivers, including the Negro River, are from the lower-elevation Guyana Shield, and these overlap with the Escalera samples.



abundant in the southern sector. It is also likely that the *Erythrina ulei* trees that demarcate the fault line may be favored by these salts.

One southern-sector sample (C2T4Q1, AM130018) was unusual in showing anomalously low pH and high conductivity. The sample was collected from a 3 x 4 m pool of turquoise water that was too turbid (like glacial milk) to see the bottom. Two types of water have such a composition. One is acid hydrothermal waters, where the acids are hydrochloric and sulfuric. The other is waters derived from the weathering of sulfide minerals,

which produces sulfuric acid. This happens during the weathering of black shales, some sulfide-bearing estuarine deposits, and the weathering of sulfide mineralization (often associated with acid mine drainage). The sample was collected on the Chonta Formation, which has dark shale layers. A spring flowing out of a particularly sulfide layer characteristic of a black shale could explain this pool, wherein waters might be too toxic for typical wetland organisms.

Samples taken in the northern sector, near the Alto Cahuapanas campsite, lack any high-conductivity, high-

Table 1. Median values of measured chemical and physical soil attributes for the campsites visited during the rapid inventory of Cordillera Escalera-Loreto, Peru, with sub-Andean soils of San Martín (Escobedo 2004, Lindell et al. 2010) and the Amazon plain (McGrath et al. 2001) for comparison.

	Mina de Sal (n=5)	Alto Cachiyacu (n=7)	Alto Cahuapanas (n=4)	Sub-Andean sites (San Martín) Inceptisols and Entisols (n _{max} = 156)	Amazon lowland sites Ultisols* and Oxisols** (n _{max} = 68)
Clay (%)	23	55	15	35	18*:61**
pH	3.6	4.3	3.7	5.6	4.7
OM (%)	3.2	3.0	0.7	3.4	2.6*:5.7**
N _{tot} (%)	0.17	0.16	0.04	0.30	0.15
P (ppm)	4.4	8.2	11.0	8.4	3.5
K (ppm)	58	192	51	78	n.a.
Ca (ppm)	48	3046	49	2325	220
Mg (ppm)	15	162	15	115	n.a.
CEC (meq/100)	7.0	18.8	4.2	10.8	3.5
BS (%)	8	77	14	99	n.a.

pH waters. Samples here resemble waters sampled during the Matsés rapid inventory in the quartz-sand areas near the headwaters of the Gálvez River and along the Blanco River (Stallard 2005a), and during the Nanay-Mazán-Arabela inventory in the Nanay headwaters (Stallard 2007). These are all variations of black-water rivers, some with almost pure organic acids and some with minor added cations. A dense root mat covers much of the landscape around the camp, reflecting the cation-poor soils. In several areas in the uplands the root mat was replaced by extensive buildups of sphagnum moss.

In contrast, the especially acid black waters are absent from the Roraima Tepui and the adjacent Gran Sabana, where waters are even purer (Fig. 18) and only lightly stained with dissolved organic matter. Root mats are also minimal to absent, but mosses are more abundant. Thus, while there may be floristic elements shared with the Guyana Shield in the quartz-soil landscapes of the Cordillera Escalera, the waters and soils are quite different.

In summary, the broad range of lithologies and the great abundance of quartz-rich sandstones has produced a landscape with the greatest variety of water types yet seen in any of the inventories, ranging from exceptionally solute-poor waters on alluvial streams in the northern sector to solute-rich streams affected by surface evaporites and salt-water springs in the southern sector.

Carbonates from the Chonta Formation and dispersed in shales produce an abundance of intermediate solute levels in the southern sector, accompanied by nutrient-rich soils and varied habitats. The acidic water that appears to be influenced by natural sulfuric acid is unique to all inventories but may reflect unusual soil conditions that could be accompanied by unusual flora.

Interpretation of soil characteristics

Soils from the three campsites exhibited great variation in physical and chemical characteristics. Soil texture ranged from coarse sand to fine clay. The finest soils, i.e. soils with a high percentage of clay particles, were found at the Alto Cachiyacu campsite. Soils at Mina de Sal were moderately fine, apart from the coarse soil over white sandstone at the highest elevations. In contrast, the alluvial soils at the Alto Cahuapanas campsite were in general moderately coarse to coarse. An exception was the fine yellow soil sampled on one of the summit ridges. Mineral nutrients ranged in concentrations as low as in soils of the Amazon lowlands to as high as measured in soils over calcareous substrates in adjacent San Martín Region (Table 1). In general however, the studied soils were strongly acidic and deficient in several important nutrients.

Soil texture is a very important soil variable because it is closely related to soil fertility. In a study of sub-Andean soils under different types of land cover, percent clay was found to be the most important driver of soil nutrient concentrations (Lindell et al. 2010). The fine soils of the Alto Cachiyacu campsite were indeed strongly elevated in nutrients compared to soils at the other two sites, both in terms of macronutrients (K, Ca, Mg) and micronutrients (Cu, Zn, Mn). Nutrient concentrations were particularly high along two sections ($z \approx 700$ m and $z \approx 550$ m) of a transect we studied stretching from the highest elevation down to the Cachiyacu River. These soils have developed over bedrock with calcareous material, the Cachiyacu-Huchpayacu² and Chonta formations. The elevated nutrient concentrations we measured are consistent with the notably high plant biomass, cathedral-like forest and tall valley forest respectively, observed at these sections (D. Neill, pers. comm.).

Soil reaction (pH) in the studied soils was strongly acid (median pH=3.8³), and notably lower than in sub-Andean soils west of the Cordillera Escalera (San Martín; pH=5.6) as well as in Ultisols and Oxisols of the Amazon lowlands (pH=4.7; Table 1). Such low pH indicates that the studied soils have very poor capacity to buffer acid input and that there is a risk of aluminium (Al) toxicity. Al saturation was indeed elevated (potentially toxic) in almost 75% of the sampled soils, and base saturation was extremely low in many sites (median of 8% and 14% in Mina de Sal and Alto Cahuapanas respectively). The ability of the soils to retain nutrients (CEC) in these sites was very low to low and soil nutrients are thus highly vulnerable to leaching. In contrast, phosphorous (P) can become unavailable to plants in acidic soils through fixation to Al and iron (Fe). Measured P was in general very low to low and reached moderate levels at a small number of sites. Only the soils sampled over calcareous bedrock at the Alto

2 According to the geological map of the area, soil samples C2T3S1-S3 were developed over coarse sandstone (the Vivian Formation). The chemical data (high pH and high Ca) however suggest they overlay the adjacent calcareous red beds (the Cachiyacu-Huchpayacu Formation). Data further indicate that the contact boundary between these two geological formations is sharp.

3 Compare this value to the minimum tolerable pH values for some local crops such as banana (*Musa* spp., pH 4.0), cacao (*Theobroma cacao*, pH 4.5), and maize (*Zea mays*, pH 5.0; Porta and López-Acevedo 2005).

Cachiyacu campsite and a sample of soils over evaporitic (salt) deposits at Mina de Sal were moderately acid (pH=5.1–5.9).

Geological resource exploitation

This region is not noted for geological exploitation. According to PeruPetro (2013), two oil and gas concessions encompass the Escalera region — blocks 103 and 109 — and there are relatively few seismic lines within the Cordillera. Block 103 was acquired in 2004 by Talisman Petrolera del Perú; it is 871,000 ha in area, but only 120 ha of this are being exploited. Block 109 was acquired by Repsol Exploración Perú; it measures 359,000 ha, of which 90 ha are being exploited (presumably this is the area of active drilling sites and associated camps). The lack of seismic lines in the Escalera (PeruPetro 2012) is consistent with a low expectation for finding oil, which requires a source rock and a geological trap. The source rocks include the Chonta Formation and the Esperanza Formation, and several deeper formations, not exposed in the Cordillera Escalera (Rahkit Consulting 2002). The reservoir rocks are the Cushabatay, Aguas Calientes, and Vivian formations. Oil is lighter than water and migrates uphill. To be a suitable reservoir, one of these formations has to be sealed off by a fault or a fold. In the Cordillera Escalera these formations are subaerially exposed, and all oil within would have migrated completely out of the rock and been lost. As a result, most of the viable wells in the Marañón tectonic basin are away from the mountain front (Rahkit Consulting 2002). Blocks 103 and 109 could easily be reduced in size so as not to include the Cordillera Escalera.

The sedimentary rocks in the Cordillera Escalera are not suitable source rocks for gold or any other metals.

The hydroelectric potential of some of the deep valleys in the Cordillera Escalera is probably considerable, particularly where the Cahuapanas River exits the range. Sánchez et al. (1997) suggest that the limestones of the Chonta Formation would be suitable for making concrete, one of the requirements for dam building.

THREATS

The principal geological threat to this region is hydroelectric dams. The potential for viable oil, gas, and precious metal exploitation seems low, which suggests that hydrocarbon and mining are not important threats at this time.

Another factor that menaces the diverse ecosystem of the Cordillera Escalera is deforestation for agriculture and subsistence. The Cordillera Escalera is bounded by regions that are highly deforested and fragmented. The lands of the Cordillera Escalera are vulnerable owing to the steep topography and shallow soils. This is associated with the high frequency of landslides that have disturbed and displaced large quantity of soils, weathered bedrock, and bedrock. Moreover, the majority of the soils and alluvial materials are derived from quartz sands which produce strongly acidic soils that are poor in nutrients. Consequently the majority of these fragile soils are not appropriate for agricultural activities. Furthermore, because the landscape is dominated by landslides and much of the less steep areas and valley bottoms are subject to frequent inundations, much of the region is not suitable for human settlements.

RECOMMENDATIONS FOR CONSERVATION

- Protect the Cordillera Escalera to preserve its landscape of cliffs, steep hillsides, and ridges, created by tectonic and erosive processes acting over the last five million years, and the diverse soils and microhabitats that contribute to the region's high biodiversity. Adequately protected, the Cordillera Escalera will shelter a remarkable diversity of soils, plants, and animals.
- Avoid large-scale infrastructure development in the region. This is a region of major geological hazards. The potential for strong earthquakes (magnitude 7 or greater) and the steepness of the landscape mean that landslide risk is high. The channels have very large boulders and extensive scoured banks, a sign of frequent large floods. Because of these geological risks, the region is not suitable for capital-intensive infrastructure development in general. This includes roads, dams, extensive human settlement, and most agriculture.

- It is important to protect the soils of the Mina de Sal and Alto Cahuapanas campsites from deforestation since they are highly inappropriate for agricultural production given their strong acidity and low nutrient levels. In particular, the soils on the slopes at Mina de Sal need attention since they are located close to the agricultural-forest frontier. The area occupied by cathedral-like forest at Alto Cachiyacu also merits attention since the relatively high nutrient content and higher pH of these soils make them attractive for agricultural production.

VEGETATION AND FLORA

Authors: David A. Neill, Marcos Ríos Paredes, Luis Alberto Torres Montenegro, Tony Jonatan Mori Vargas, and Corine Vriesendorp

Conservation targets: Dwarf ridgecrest forest at elevations of approximately 2,000 m; many plant species with limited distributions, some of which have only been reported from forests on sandstone formations in Andean tepuis and are endemic to this area; dozens of species that are potentially new to science or new for the Region of Loreto; healthy, undisturbed stands of *Cedrelinga cateniformis*, a timber species that is subject to extreme extractive pressure in the forests of the Amazonian floodplain; a wide variety of plant species used by the Shawi people in daily activities for food, medicine, production of clothing, and construction materials

INTRODUCTION

The Cordillera Escalera extends for about 100 km along the border between the regions of San Martín and Loreto in Amazonian Peru, covering at least 300,000 ha of territory. The Escalera is one of the 'sub-Andean cordilleras' east of the Eastern Cordillera of the Andes, that include, from north to south, the Serranía Macarena in Colombia, the Cordillera Galeras and Kutukú in Ecuador, the Cordillera del Cóndor along the Ecuador-Peru border, the Cerros de Kampankis in northern Peru (actually a southern extension of the Kutukú), and south of the Escalera, the Cordillera Azul and Cordillera de Yanachaga in central Peru.

In this section we describe the vegetation and flora at each of the sites visited by the field team (see the chapters *Regional overview* and *Sites visited during the biological*

**Muestras de agua/
Water samples**

Muestras de agua recolectadas por Lina Lindell en los alrededores de los tres campamentos visitados durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Perú, del 14 al 30 de setiembre de 2013. Las medidas de pH y conductividad eléctrica de laboratorio fueron realizadas por Robert Stallard. Se empleó el sistema WGS 84 para registrar las coordenadas geográficas.

MUESTRAS DE AGUA / WATER SAMPLES									
Código/ Code	ID	Nombre/ Name	Tipo/ Type	Fecha/ Date	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)	Altura (msnm)/ Elevation (masl)	Temperatura del aire/ Air temper- ature (°C)	Temperatura del agua/ Water temper- ature (°C)
C1T3Q1	AM130001	Shimbilloyacu (bajo/low)	Q	15/09/13	5°53'18.5"	76°36'23.3"	269	24.8	23.8
C1T5Q1	AM130002	Shimbilloyacu (alto/high)	Q	16/09/13	5°52'19.2"	76°37'27.0"	451	21.5	23.1
C1T0Q1	AM130003	Cachiyacu (evaporita/evaporite)	R	17/09/13	5°52'58.3"	76°36'03.4"	270	35.1	24.4
C1T0Q2		Cachiyacu (campamento/camp)	R	17/09/13	5°53'07.8"	76°36'16.9"	273	34.0	25.2
C1T0Q3	AM130004	Cachiyacu (evaporita/evaporite)	R	18/09/13	5°53'28.3"	76°36'19.8"	258	32.7	27.8
C1T4Q1	AM130005	Buen Paso	Q	18/09/13	5°53'36.3"	76°36'25.2"	272	26.8	23.7
C2T1Q1		n.a.	Q	22/09/13	n.a.	n.a.	n.a.	23.1	19.9
C2T1Q2		n.a.	Q	22/09/13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C2T1Q3	AM130006	Churroyacu	Q	22/09/13	5°51'46.8"	76°44'11.4"	849	25.1	21.2
C2T3Q6	AM130007	Cachiyacu Colorado (alto/high)	Q	22/09/13	5°53'53.3"	76°43'12.9"	664	n.a.	n.a.
C2T3Q7		n.a.	L	22/09/13	5°54'02.6"	76°43'16.4"	728	n.a.	n.a.
C2T0Q1	AM130008	Cachiyacu (campamento/camp)	R	24/09/13	5°51'28.2"	76°43'14.8"	502	24.1	21.3
C2T0Q3		n.a.	Q	24/09/13	5°51'33.5"	76°43'02.5"	499	n.a.	n.a.
C2T4Q1	AM130018	n.a.	P	24/09/13	5°51'48.7"	76°43'04.1"	590	n.a.	n.a.
C2T4Q2	AM130009	n.a.	Q	24/09/13	5°51'36.2"	76°43'00.3"	513	27.3	25.7
C2T0Q2		n.a.	L	25/09/13	5°51'32.7"	76°43'04.1"	499	23.7	22.8
C2T0Q4		Cachiyacu	R	25/09/13	5°51'55.4"	76°42'19.9"	475	30.0	24.0
C2T0Q5	AM130010	Cachiyacu Colorado (bajo/low)	Q	25/09/13	5°52'00.4"	76°42'19.1"	489	30.0	23.0
C2T0Q7	AM130011	Shahuiyacu	Q	25/09/13	5°51'45.4"	76°42'33.4"	490	24.6	22.7
C2T3Q0		n.a.	Q	26/09/13	5°51'42.9"	76°43'13.1"	583	24.7	22.7
C2T3Q1	AM130012	Catarata	Q	26/09/13	5°51'46.0"	76°43'13.3"	601	22.0	21.9
C2T3Q2		n.a.	Q	26/09/13	5°52'32.8"	76°43'16.9"	664	22.2	21.4
C2T3Q4		n.a.	Q	26/09/13	5°52'30.6"	76°43'11.1"	621	22.1	21.5
C2T3Q5	AM130013	Cachiyacu Chico	Q	26/09/13	5°52'36.0"	76°43'31.2"	612	24.5	20.7
C3T0Q1	AM130014	Cahuapanas	R	27/9/13	5°39'49.7"	76°50'21.8"	1041	21.2	23.4
C3T2Q1		n.a. (alto/high)	Q	28/9/13	5°39'58.6"	76°49'41.9"	1285	21.4	18.4
C3T2Q2	AM130015	n.a. (bajo/low)	Q	28/9/13	5°40'02.2"	76°49'35.6"	1167	22.2	21.4
C3T1Q1	AM130016	n.a.	Q	29/9/13	5°40'07.2"	76°50'20.9"	1043	n.a.	n.a.
C3T1Q2	AM130017	n.a.	Q	29/9/13	5°40'12.7"	76°50'20.0"	1046	n.a.	n.a.
C3T1Q3		n.a.	Q	29/9/13	5°40'21.8"	76°50'13.7"	1045	21.9	20.3

LEYENDA/LEGEND

**Código/
Code**

C1 = Mina de Sal
C2 = Alto Cachiyacu
C3 = Alto Cahuapanas

**Tipo/
Type**

Q = Quebrada/Stream
R = Río/River
L = Laguna/Lake
P = Pozo/Spring

**Lecho/
Substrate**

R = Rocas/Boulders
(areniscas/sandstone)
G = Gravas/Gravel
(areniscas/sandstone)
A = Arena/Sand

Water samples collected by Lina Lindell in the vicinity of three campsites visited during a rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Peru, on 14-30 September 2013. Lab-based pH and conductivity measurements were performed by Robert Stallard. Geographic coordinates are based on WGS 84.

**Muestras de agua/
Water samples**

Lecho/ Substrate	Ancho/ Width (m)	Profundidad/ Depth (m)	Corriente/ Flow	Color	pH en el campo/ pH in the field	pH en el laboratorio/ pH in the lab	CE en el campo/ EC in the field (µS/cm)	CE en el laboratorio/ EC in the lab (µS/cm)	Sedimento en suspensión/ Suspended sediment (mg/L)
R, G, A	6.7	0.3	B	C	5.8	6.98	30	28.3	6.1
R, G, A	3.8	0.2	B	C	5.4	7.06	30	35.4	9.0
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.8	7.27	345	308.0	32.5
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.8	–	335	–	–
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.1	7.21	435	348.0	1.5
R, G, A	8.5	1.0	B	C	5.3	6.94	20	28.8	1.5
O, L-Ar	0.7	0.1	D	C	5.0	–	30	–	–
O, L-Ar	–	–	D	C	4.7	–	10	–	–
R, G, Lo	3.0	0.3	D	C	5.5	7.21	90	85.0	0
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Co	6.5	7.20	1985	1767	–
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	O	6.1	7.22	130	120.2	–
R, G, L-Ar, Lo	15.0	1.0	B	M	6.8	7.21	190	156.5	77.0
G, L-Ar	n.a.	n.a.	B	C	7.1	7.57	270	231.0	–
R	n.a.	n.a.	n.a.	A	4.4	4.26	340	298.0	–
R, G	n.a.	n.a.	B	C	5.8	6.85	440	397.0	345.4
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	O	6.8	7.47	490	256.0	–
R, G, L-Ar	19.6	0.8	B	M	6.5	7.39	160	168.0	–
A, G, L-Ar	19.1	0.7	F	Co	6.8	7.50	1140	1005.0	226.9
R, G	1.5	0.2	B	C	6.5	6.91	70	61.4	6.0
G	n.a.	n.a.	D	C	5.3	6.75	50	51.2	–
R, G, Lo	1.0	0.4	B	C	7.9	7.86	300	274.0	–
R, G	n.a.	n.a.	D	C	5.5	6.80	40	22.5	–
R, G	n.a.	n.a.	D	C	7.1	7.31	150	140.1	–
R, G, L-Ar	25.0	1.05	F	M	6.8	7.16	600	548.0	60.3
L-Ar, O	15.0	1		O	4.9	6.23	10	10.6	3.0
R, G	n.a.	n.a.	B	O	4.6	–	9	–	–
R, A	0.75	0.25	B	O	4.6	4.45	8	14.3	7.6
G, A	1.5	0.05	B	C	4.9	5.88	7	6.7	0
L-Ar, O	1.0	0.05	D	C	4.6	4.83	4	9.2	13.6
R, G	2.3	0.3	B	O	4.7	4.75	12	12.4	–

L-Ar = Limo-Arcilla/Silt-Clay

O = Material orgánico/
Organic debris

Lo = Lodolita/Mudstone

Corriente/Flow

D = Débil/Weak

B = Buena/Regular

F = Fuerte/Strong

Color

C = Clara/Clear

M = Marrón (turbio)/Brown (turbid)

O = Oscuro/Dark

Co = Colorado/Reddish

A = Azul/Blue

n.a. = No analizado o no disponible/
Not analyzed or not available

Muestras de agua/
Water samples

Muestras de agua recolectadas por Lina Lindell en los alrededores de los tres campamentos visitados durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Perú, del 14 al 30 de setiembre de 2013. Las medidas de pH y conductividad eléctrica de laboratorio fueron realizadas por Robert Stallard. Se empleó el sistema WGS 84 para registrar las coordenadas geográficas.

MUESTRAS DE AGUA/WATER SAMPLES									
Código/ Code	ID	Nombre/ Name	Tipo/ Type	Fecha/ Date	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)	Altura (msnm)/ Elevation (masl)	Temperatura del aire/ Air temperature (°C)	Temperatura del agua/ Water temperature (°C)
C1T3Q1	AM130001	Shimbiyacu (bajo/low)	Q	15/09/13	5°53'18.5"	76°36'23.3"	269	24.8	23.8
C1T5Q1	AM130002	Shimbiyacu (alto/high)	Q	16/09/13	5°52'19.2"	76°37'27.0"	451	21.5	23.1
C1T0Q1	AM130003	Cachiyacu (evaporita/evaporite)	R	17/09/13	5°52'58.3"	76°36'03.4"	270	35.1	24.4
C1T0Q2		Cachiyacu (campamento/camp)	R	17/09/13	5°53'07.8"	76°36'16.9"	273	34.0	25.2
C1T0Q3	AM130004	Cachiyacu (evaporita/evaporite)	R	18/09/13	5°53'28.3"	76°36'19.8"	258	32.7	27.8
C1T4Q1	AM130005	Buen Paso	Q	18/09/13	5°53'36.3"	76°36'25.2"	272	26.8	23.7
C2T1Q1		n.a.	Q	22/09/13	n.a.	n.a.	n.a.	23.1	19.9
C2T1Q2		n.a.	Q	22/09/13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
C2T1Q3	AM130006	Churroyacu	Q	22/09/13	5°51'46.8"	76°44'11.4"	849	25.1	21.2
C2T3Q6	AM130007	Cachiyacu Colorado (alto/high)	Q	22/09/13	5°53'53.3"	76°43'12.9"	664	n.a.	n.a.
C2T3Q7		n.a.	L	22/09/13	5°54'02.6"	76°43'16.4"	728	n.a.	n.a.
C2T0Q1	AM130008	Cachiyacu (campamento/camp)	R	24/09/13	5°51'28.2"	76°43'14.8"	502	24.1	21.3
C2T0Q3		n.a.	Q	24/09/13	5°51'33.5"	76°43'02.5"	499	n.a.	n.a.
C2T4Q1	AM130018	n.a.	P	24/09/13	5°51'48.7"	76°43'04.1"	590	n.a.	n.a.
C2T4Q2	AM130009	n.a.	Q	24/09/13	5°51'36.2"	76°43'00.3"	513	27.3	25.7
C2T0Q2		n.a.	L	25/09/13	5°51'32.7"	76°43'04.1"	499	23.7	22.8
C2T0Q4		Cachiyacu	R	25/09/13	5°51'55.4"	76°42'19.9"	475	30.0	24.0
C2T0Q5	AM130010	Cachiyacu Colorado (bajo/low)	Q	25/09/13	5°52'00.4"	76°42'19.1"	489	30.0	23.0
C2T0Q7	AM130011	Shahuyacu	Q	25/09/13	5°51'45.4"	76°42'33.4"	490	24.6	22.7
C2T3Q0		n.a.	Q	26/09/13	5°51'42.9"	76°43'13.1"	583	24.7	22.7
C2T3Q1	AM130012	Catarata	Q	26/09/13	5°51'46.0"	76°43'13.3"	601	22.0	21.9
C2T3Q2		n.a.	Q	26/09/13	5°52'32.8"	76°43'16.9"	664	22.2	21.4
C2T3Q4		n.a.	Q	26/09/13	5°52'30.6"	76°43'11.1"	621	22.1	21.5
C2T3Q5	AM130013	Cachiyacu Chico	Q	26/09/13	5°52'36.0"	76°43'31.2"	612	24.5	20.7
C3T0Q1	AM130014	Cahuapanas	R	27/09/13	5°39'49.7"	76°50'21.8"	1041	21.2	23.4
C3T2Q1		n.a. (alto/high)	Q	28/09/13	5°39'58.6"	76°49'41.9"	1285	21.4	18.4
C3T2Q2	AM130015	n.a. (bajo/low)	Q	28/09/13	5°40'02.2"	76°49'35.6"	1167	22.2	21.4
C3T1Q1	AM130016	n.a.	Q	29/09/13	5°40'07.2"	76°50'20.9"	1043	n.a.	n.a.
C3T1Q2	AM130017	n.a.	Q	29/09/13	5°40'12.7"	76°50'20.0"	1046	n.a.	n.a.
C3T1Q3		n.a.	Q	29/09/13	5°40'21.8"	76°50'13.7"	1045	21.9	20.3

LEYENDA/LEGEND

Código/ Code	Tipo/ Type	Lecho/ Substrate
C1 = Mina de Sal	Q = Quebrada/Stream	R = Rocas/Boulders (areniscas/sandstone)
C2 = Alto Cachiyacu	R = Río/River	G = Gravas/Gravel (areniscas/sandstone)
C3 = Alto Cahuapanas	L = Laguna/Lake	A = Arena/Sand
	P = Pozo/Spring	

Water samples collected by Lina Lindell in the vicinity of three campsites visited during a rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Peru, on 14-30 September 2013. Lab-based pH and conductivity measurements were performed by Robert Stallard. Geographic coordinates are based on WGS 84.

Muestras de agua/
Water samples

Lecho/ Substrate	Ancho/ Width (m)	Profundidad/ Depth (m)	Corriente/ Flow	Color	pH en el campo/ pH in the field	pH en el laboratorio/ pH in the lab	CE en el campo/ EC in the field (µS/cm)	CE en el laboratorio/ EC in the lab (µS/cm)	Sedimento en suspensión/ Suspended sediment (mg/L)
R, G, A	6.7	0.3	B	C	5.8	6.98	30	28.3	6.1
R, G, A	3.8	0.2	B	C	5.4	7.06	30	35.4	9.0
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.8	7.27	345	308.0	32.5
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.8	-	335	-	-
R, G, L-Ar	40.0	>5.0	B	M	6.1	7.21	435	348.0	1.5
R, G, A	8.5	1.0	B	C	5.3	6.94	20	28.8	1.5
O, L-Ar	0.7	0.1	D	C	5.0	-	30	-	-
O, L-Ar	-	-	D	C	4.7	-	10	-	-
R, G, Lo	3.0	0.3	D	C	5.5	7.21	90	85.0	0
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Co	6.5	7.20	1985	1767	-
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	O	6.1	7.22	130	120.2	-
R, G, L-Ar, Lo	15.0	1.0	B	M	6.8	7.21	190	156.5	77.0
G, L-Ar	n.a.	n.a.	B	C	7.1	7.57	270	231.0	-
R, n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	A	4.4	4.26	340	298.0	-
R, G	n.a.	n.a.	B	C	5.8	6.85	440	397.0	345.4
n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	O	6.8	7.47	490	256.0	-
R, G, L-Ar	19.6	0.8	B	M	6.5	7.39	160	168.0	-
A, G, L-Ar	19.1	0.7	F	Co	6.8	7.50	1140	1005.0	226.9
R, G	1.5	0.2	B	C	6.5	6.91	70	61.4	6.0
G	n.a.	n.a.	D	C	5.3	6.75	50	51.2	-
R, G, Lo	1.0	0.4	B	C	7.9	7.86	300	274.0	-
R, G	n.a.	n.a.	D	C	5.5	6.80	40	22.5	-
R, G	n.a.	n.a.	D	C	7.1	7.31	150	140.1	-
R, G, L-Ar	25.0	1.05	F	M	6.8	7.16	600	548.0	60.3
L-Ar, O	16.0	1	O	A	4.9	6.23	10	10.6	3.0
R, G	n.a.	n.a.	B	O	4.6	-	9	-	-
R, A	0.75	0.25	B	O	4.6	4.45	8	14.3	7.6
G, A	1.5	0.05	B	C	4.9	5.88	7	6.7	0
L-Ar, O	1.0	0.05	D	C	4.6	4.83	4	9.2	13.6
R, G	2.3	0.3	B	O	4.7	4.75	12	12.4	-

L-Ar = Limo-Arcilla/Silt-Clay

O = Material orgánico/
Organic debris

Lo = Lodolita/Mudstone

Corriente/Flow

D = Débil/Weak

B = Buena/Regular

F = Fuerte/Strong

Color

C = Clara/Clear

M = Marrón (turbio)/Brown (turbid)

O = Oscuro/Dark

Co = Colorado/Reddish

A = Azul/Blue

n.a. = No analizado o no disponible/
Not analyzed or not available

Muestras de suelo/

Soil samples

Muestras de suelo recolectadas por Lina Lindell en los alrededores de los tres campamentos visitados durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Perú, del 14 al 29 de setiembre de 2013. Ninguno de los suelos mostraban reacción con HCl. Textura y pH fueron determinadas en un laboratorio. Se empleó el sistema WGS 84 para registrar las coordenadas geográficas.

MUESTRAS DE SUELO/SOIL SAMPLES		
Código/ Code	Formación/ Formation	Color
C1T3S1	Cushabatay (arenisca blanca cuarzosa/white quartzose sandstone)	Marrón grisáceo/Grayish brown, 10 YR 5/2
C1T3S2	Cushabatay (transición al Sarayaquillo/transition to Sarayaquillo)	Marrón amarillenta oscura/Dark yellowish brown, 10 YR 4/4
C1T5S1	Sarayaquillo (arenisca rojiza/reddish sandstone)	Marrón rojizo oscuro/Dark reddish brown, 5 YR 3/3
C1T3S3	Sarayaquillo (arenisca rojiza/reddish sandstone)	Marrón a marrón oscuro/Brown-dark brown, 7.5 YR 5/4, 3/2
C1T0S1	Sarayaquillo (sobre material evaporítica/on evaporitic material)	Marrón rojizo oscuro/Dark reddish brown, 5 YR 3/3
C2T1S1	Sarayaquillo (arenisca rojiza/reddish sandstone)	Marrón rojizo muy oscuro/Very dark reddish brown, 5 YR 2.5/2
C2T1S2	Sarayaquillo (arenisca rojiza/reddish sandstone)	Marrón amarillenta/Yellowish brown, 10 YR 5/4
C2T1S3	Yahuarango (limolita/siltstone)	Marrón amarillenta/Yellowish brown, 10 YR 5/4
C2T3S1	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón rojizo/Reddish brown, 5 YR 4/3
C2T3S2	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón/Brown, 7.5 YR 4/3
C2T3S3	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón grisáceo oscuro/Dark grayish brown, 10 YR 4/2
C2T3S4	Vivian (arenisca cuarzosa/quartzose sandstone)	Marrón amarillenta oscura/Dark yellowish brown, 10 YR 4/4
C2T4S1	Chonta (posible con material coluvial de Vivian/possible colluvial material from Vivian)	Marrón/Brown, 7.5 YR 4/4
C3T1S1	Cushabatay (arenisca cuarzosa, ladera/quartzose sandstone, slope)	Marrón/Brown, 7.5 YR 5/2 (lleva caolinita/contains kaolinite)
C3T1S2	Cushabatay (arenisca cuarzosa, cumbre/quartzose sandstone, summit)	Marrón amarillenta/Brownish yellow, 10 YR 6/6
C3T1S3	Depósitos aluviales/Alluvial deposits	Marrón oscuro/Dark brown, 7.5 YR 3/3
C3T0S1	Depósitos aluviales recientes/Recent alluvial deposits	Marrón/Brown, 7.5 YR 5/4

1 Estimado en el campo/Estimated in the field

Soil samples collected by Lina Lindell in the vicinity of three campsites visited during the rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, in Loreto, Peru, on 14-29 September 2013. None of the soils showed reaction to HCl. Texture and pH were determined in laboratory. Geographic coordinates are based on WGS 84.

**Muestras de suelo/
Soil samples**

LEYENDA/LEGEND

**Código/
Code**

- C1 = Mina de Sal
C2 = Alto Cachiyacu
C3 = Alto Cahuapanas

**Textura/
Texture**

- G = Gruesa/Coarse
M = Moderada/Moderate
F = Fina/Fine

n.a.= No analizado o no disponible/
Not analyzed or not available

Textura/ Texture	pH (1:1)	Altura/ Elevation (m)	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)
G (Arena/Sand)	4.1	683	5°53'7.2"	76°37'30.7"
M (Franco arcillo arenoso/ Sandy clay loam)	3.3	694	5°53'10.4"	76°37'24.3"
M (Franco arcillo arenoso/ Sandy clay loam)	3.6	622	5°52'22.2"	76°37'2.0"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	3.6	274	5°53'14.3"	76°36'20.5"
M (Franco/Loam)	5.1	270	5°53'6.9"	76°36'17.2"
M (Franco arenoso/Sandy loam)	3.4	1438	5°51'31.8"	76°45'50.5"
M (Franco arcilloso/ Clay loam) ¹	n.a.	702	5°51'55.3"	76°43'13.4"
F (Arcilloso/Clay)	3.9	980	5°51'30.4"	76°44'48.9"
F (Arcilloso/Clay)	5.1	713	5°51'55.6"	76°43'13.6"
F (Arcilloso/Clay)	5.9	702	5°51'55.3"	76°43'13.4"
F (Arcilloso/Clay)	5.0	702	5°51'55.3"	76°43'13.0"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	3.5	702	5°51'54.8"	76°43'12.2"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	4.3	548	5°51'46.7"	76°42'46.2"
G (Arena/Sand)	3.6	1276	5°39'57.6"	76°49'38.1"
F (Arcilloso/Clay)	3.8	1278	5°39'59.8"	76°49'45.6"
M (Franco arenoso/Sandy loam)	3.5	1040	5°39'52.9"	76°50'19.2"
G (Arena/Sand)	4.6	1041	5°39'51.2"	76°50'21.6"

Muestras de suelo/
Soil samples

Muestras de suelo recolectadas por Lina Lindell en los alrededores de los tres campamentos visitados durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Perú, del 14 al 29 de septiembre de 2013. Ninguno de los suelos mostraban reacción con HCl. Textura y pH fueron determinadas en un laboratorio. Se empleó el sistema WGS 84 para registrar las coordenadas geográficas.

MUESTRAS DE SUELO/ SOIL SAMPLES

Código/ Code	Formación/ Formation	Color
C1T3S1	Cushabatay (arenisca blanca cuarzosa/white quartzose sandstone)	Marrón grisáceo/Grayish brown, 10 YR 5/2
C1T3S2	Cushabatay (transición al Sarayaquillo/transition to Sarayaquillo)	Marrón amarillenta oscura/Dark yellowish brown, 10 YR 4/4
C1T5S1	Sarayaquillo (arenisca roja/reddish sandstone)	Marrón rojizo oscuro/Dark reddish brown, 5 YR 3/3
C1T3S3	Sarayaquillo (arenisca roja/reddish sandstone)	Marrón a marrón oscuro/Brown-dark brown, 7.5 YR 5/4, 3/2
C1T0S1	Sarayaquillo (sobre material evaporítico/on evaporitic material)	Marrón rojizo oscuro/Dark reddish brown, 5 YR 3/3
C2T1S1	Sarayaquillo (arenisca roja/reddish sandstone)	Marrón rojizo muy oscuro/Very dark reddish brown, 5 YR 2.5/2
C2T1S2	Sarayaquillo (arenisca roja/reddish sandstone)	Marrón amarillenta/Yellowish brown, 10 YR 5/4
C2T1S3	Yahuarango (limolita/siltstone)	Marrón amarillenta/Yellowish brown, 10 YR 5/4
C2T3S1	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón rojizo/Reddish brown, 5 YR 4/3
C2T3S2	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón/Brown, 7.5 YR 4/3
C2T3S3	Cachiyacu-Hushpayacu (arenisca con lutita/sandstone with shale)	Marrón grisáceo oscuro/Dark grayish brown, 10 YR 4/2
C2T3S4	Vivian (arenisca cuarzoa/quartzose sandstone)	Marrón amarillenta oscura/Dark yellowish brown, 10 YR 4/4
C2T4S1	Chonta (posible con material coluvial de Vivian/possible colluvial material from Vivian)	Marrón/Brown, 7.5 YR 4/4
C3T1S1	Cushabatay (arenisca cuarzoa, ladera/quartzose sandstone, slope)	Marrón/Brown, 7.5 YR 5/2 (lleva caolinita/contains kaolinite)
C3T1S2	Cushabatay (arenisca cuarzoa, cumbre/quartzose sandstone, summit)	Marrón amarillenta/Brownish yellow, 10 YR 6/6
C3T1S3	Depósitos aluviales/Alluvial deposits	Marrón oscuro/Dark brown, 7.5 YR 3/3
C3T0S1	Depósitos aluviales recientes/Recent alluvial deposits	Marrón/Brown, 7.5 YR 5/4

1 Estimado en el campo/Estimated in the field

Soil samples collected by Lina Lindell in the vicinity of three campsites visited during the rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, in Loreto, Peru, on 14-29 September 2013. None of the soils showed reaction to HCl. Texture and pH were determined in laboratory. Geographic coordinates are based on WGS 84.

Textura/ Texture	pH (1:1)	Altura/ Elevation (m)	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)
G (Arena/Sand)	4.1	683	5°53'7.2"	76°37'30.7"
M (Franco arcillo arenoso/ Sandy clay loam)	3.3	694	5°53'10.4"	76°37'24.3"
M (Franco arcillo arenoso/ Sandy clay loam)	3.6	622	5°52'22.2"	76°37'2.0"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	3.6	274	5°53'14.3"	76°36'20.5"
M (Franco/Loam)	5.1	270	5°53'6.9"	76°36'17.2"
M (Franco arenoso/Sandy loam)	3.4	1438	5°51'31.8"	76°45'50.5"
M (Franco arcilloso/ Clay loam) ¹	n.a.	702	5°51'55.3"	76°43'13.4"
F (Arcilloso/Clay)	3.9	980	5°51'30.4"	76°44'48.9"
F (Arcilloso/Clay)	5.1	713	5°51'55.6"	76°43'13.6"
F (Arcilloso/Clay)	5.9	702	5°51'55.3"	76°43'13.4"
F (Arcilloso/Clay)	5.0	702	5°51'55.3"	76°43'13.0"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	3.5	702	5°51'54.8"	76°43'12.2"
M (Franco arcilloso/Clay loam)	4.3	548	5°51'46.7"	76°42'46.2"
G (Arena/Sand)	3.6	1276	5°39'57.6"	76°49'38.1"
F (Arcilloso/Clay)	3.8	1278	5°39'59.8"	76°49'45.6"
M (Franco arenoso/Sandy loam)	3.5	1040	5°39'52.9"	76°50'19.2"
G (Arena/Sand)	4.6	1041	5°39'51.2"	76°50'21.6"

Muestras de suelo/
Soil samples

LEYENDA/LEGEND

Código/
Code

- C1 = Mina de Sal
- C2 = Alto Cachiyacu
- C3 = Alto Cahuapanas

Textura/
Texture

- G = Gruesa/Coarse
- M = Moderada/Moderate
- F = Fina/Fine

n.a. = No analizado o no disponible/
Not analyzed or not available

Muestras de roca/

Rock samples

Muestras de rocas recolectadas por Lina Lindell en los alrededores de dos campamentos visitados durante el inventario rápido de la Cordillera Escalera-Loreto, Loreto, Perú, del 14 al 30 de setiembre de 2013. Se empleó el sistema WGS 84 para registrar las coordenadas geográficas.

MUESTRAS DE ROCA / ROCK SAMPLES					
Código/ Code	Formación/ Formation	Litología/ Lithology	Altura/ Elevation (m)	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)
C1T3R1	Cushabatay	Arenisca blanca laminada, grano fino/Finely laminated white sand, fine-grained	269	5°53'18.5"	76°36'23.3"
C1T5R1	Cushabatay	Arenisca clara de grano muy gruesa/White, very coarse-grained sandstone	688	5°53'11.1"	76°37'13.7"
C1T3R2	Sarayaquillo	Arenisca rojiza de grano muy fina/Reddish sandstone, very fine-grained	570	5°53'9.3"	76°37'4.2"
C1T0R1	Sarayaquillo	Argilita rojiza con material calcáreo, fácilmente se deshace en escamas/Reddish calcareous claystone, very fine-grained, easily fractured into flakes	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R6	Sarayaquillo	Arcilla roja asociada con las evaporitas/Red clay associated with evaporites	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R4	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Halita rojiza/Reddish impregnated halite	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R2	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Yeso o anhidrita rojiza, grano muy fino/Reddish gypsum, very fine-grained	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R3	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Yeso o anhidrita blanca, grano muy fino a muy grueso/Gypsum or anhydrite, white, very fine-grained to very coarse-grained	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R9	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Yeso o anhidrita rojiza, grano muy fino/Reddish gypsum or anhydrite, very fine-grained	270	5°52'58.3"	76°36'3.4"
C1T0R7	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Yeso quemado ¹ /Burned gypsum ¹	258	5°53'28.3"	76°36'19.8"
C1T0R8	Evaporita/ Evaporite (Sarayaquillo)	Polvo de yeso quemado ¹ /Burned gypsum powder ¹	258	5°53'28.3"	76°36'19.8"
C1T0R5	Chonta	Caliza de color gris con una abundancia de fósiles. Material del lecho del río Cachiyacu/Fossiliferous gray limestone (shell bed). This rock was found in the bed of the Cachiyacu River	258	5°53'28.3"	76°36'19.8"
C2T1R1	Cushabatay	Arenisca fina blanca, suave con huellas de granos minerales disueltos/Fine-grained white sandstone, well sorted, poorly cemented with marks from dissolved mineral grains	1913	5°52'2.1"	76°46'29.3"
C2T1R2	Sarayaquillo	Limolita rojiza/Reddish siltstone	1543	5°51'38.7"	76°45'50.2"
C2T1R3	Sarayaquillo	Arenisca rojiza de grano muy fina/Reddish sandstone, very fine-grained	1438	5°51'31.8"	76°45'50.5"
C2T1R4	Yahuarango	Limolita de color marrón amarillo con abundante material orgánico/Yellowish brown siltstone with abundant organic material	990	5°51'28.2"	76°44'52.1"
C2T1R5	Cachiyacu- Uchpayacu	Limolita gris-violáceo ampliamente bioturbado ² /Highly bioturbated gray-purple siltstone ²	849	5°51'46.8"	76°44'11.4"
C2T3R1	Cachiyacu- Uchpayacu	Arenisca de grano fina, gris oscura, cementada por calcita (reacción débil con HCl), precipitación de hierro/Fine-grained dark gray sandstone cemented by calcite (weak reaction with HCl), slightly tinted by iron	840	5°51'46.8"	76°44'11.4"
C2T1R6	Vivian	Arenisca beige-rosado-naranjado de grano muy fina. Posiblemente manchas de glauconita/Beige-pink-orange sandstone, fine-grained, well sorted. Possible stains of glauconite	702	5°51'54.8"	76°43'12.2"
C2T0R28	Vivian	Arenisca blanco-naranja-rosado de grano mediano a muy grueso/White-orange-pink medium- to very coarse-grained sandstone	515	5°51'43.3"	76°42'50.1"

Rock samples collected by Lina Lindell in the vicinity of two campsites visited during a rapid inventory of the Cordillera Escalera-Loreto, in Loreto, Peru, on 14-30 September 2013. Geographic coordinates are based on WGS 84.

**Muestras de roca/
Rock samples**

MUESTRAS DE ROCA/ROCK SAMPLES					
Código/ Code	Formación/ Formation	Litología/ Lithology	Altura/ Elevation (m)	Latitud/ Latitude (S)	Longitud/ Longitude (O/W)
C2TOR1	Sarayaquillo (Probable)	Arenisca rojiza de grano fino, laminada con limo o arcilla. Material del lecho del río Cachiyacu/Fine-grained reddish sandstone, finely laminated with darker silt or clay. Material from the bed of the Cachiyacu River	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR7	Chonta	Arenisca de grano muy fino con pedazos pequeños de conchas trozadas/Very fine-grained gray sandstone with broken dark shells	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR3	Chonta	Caliza con abundantes fósiles (coquina) que incluye gasterópodos pequeños/Limestone with abundant fossils (coquina), including small gastropods	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR29	Chonta	Caliza con abundantes fósiles (coquina)/Limestone with abundant fossils (coquina)	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR25	Chonta (fósil/fossil)	Parte de un amonita con mineralización de pirita/Part of ammonoid fossil with pyrite mineralization	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR5	Chonta (fósil/fossil)	Bivalvo fósil intacto/Intact bivalve fossil	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR12	Chonta (fósil/fossil)	Fósiles de bivalvos/Bivalve fossils	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR37	Chonta (fósil/fossil)	Echinodermo/Echinoderm	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR4, C2TOR35, C2TOR36	Chonta	Caliza de color gris con abundantes fósiles/Gray limestone with abundant fossils	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR11, C2TOR30, C2TOR31	Chonta (fósil/fossil)	Fósiles grandes de amonitas; parte intacto del más grande tiene un radio de ca. 13 cm/Large ammonoid fossils; intact part of the largest one has a radius of ca. 13 cm	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR16, C2TOR18, C2TOR21, C2TOR22	Chonta (fósil/fossil)	Parte interior de amonitas grandes/Cross-section of interior of large ammonoid fossils	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR10, C2TOR32, C2TOR33, C2TOR34	Chonta (fósil/fossil)	Concha fósil; el más grande tiene 10 x 8 x 4 cm/Bivalve fossils; the largest measures 10 x 8 x 4 cm	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR6	Chonta	Lodolita gris oscura con abundantes macro-fósiles intactos (no hay reacción con HCl)/Dark gray claystone with abundant intact macrofossils (no reaction with HCl)	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR2	Chonta	Arenisca fina de color oscura, cementado con caliza, bioturbada/Strongly bioturbated fine dark-colored sandstone, lime cement	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR23	Chonta	Caliza gris verdoso con fósiles/Gray to green limestone with fossils	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"
C2TOR27	Chonta	Caliza de color gris con abundantes fósiles (depósito de conchas)/Gray limestone with abundant fossils (shell deposit)	502	5°51'28.2"	76°43'14.8"

1 Los Shawi queman el yeso durante aproximadamente dos horas para producir un material similar en consistencia a talco que utilizan para facilitar la producción de hilo para su vestimenta típica./The Shawi burn gypsum for approximately two hours to generate a material similar in consistency to talc. This material plays an important part in the production of yarn used to make typical Shawi clothing.

2 Posiblemente bioturbación reciente/This bioturbation may be recent.

LEYENDA/LEGEND

**Código/
Code**

C1 = Mina de Sal
C2 = Alto Cachiyacu



Pitman, Nigel and Vriesendorp, Corine. 2008. "Geology, hydrology, and soils." *Perú: Cordillera Escalera-Loreto* no.26 (2014), 84–98, 280–292, 402–407.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/179303>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/147687>

Holding Institution

Smithsonian Libraries and Archives

Sponsored by

Biodiversity Heritage Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: In Copyright. Digitized with the permission of the rights holder

Rights Holder: Field Museum of Natural History

License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Rights: <https://www.biodiversitylibrary.org/permissions/>

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.