

Data Collection Logistics for Each Variable

There are five unpaved access roads extending into the region from the municipal seat, along with a large network of footpaths that provide access throughout the entire area. Data collection will be carried out by members of the community, both residents and non-residents of the region, who are familiar with access routes to all proposed sampling locations. Field teams will operate in groups that include at least one of the project's community leaders.

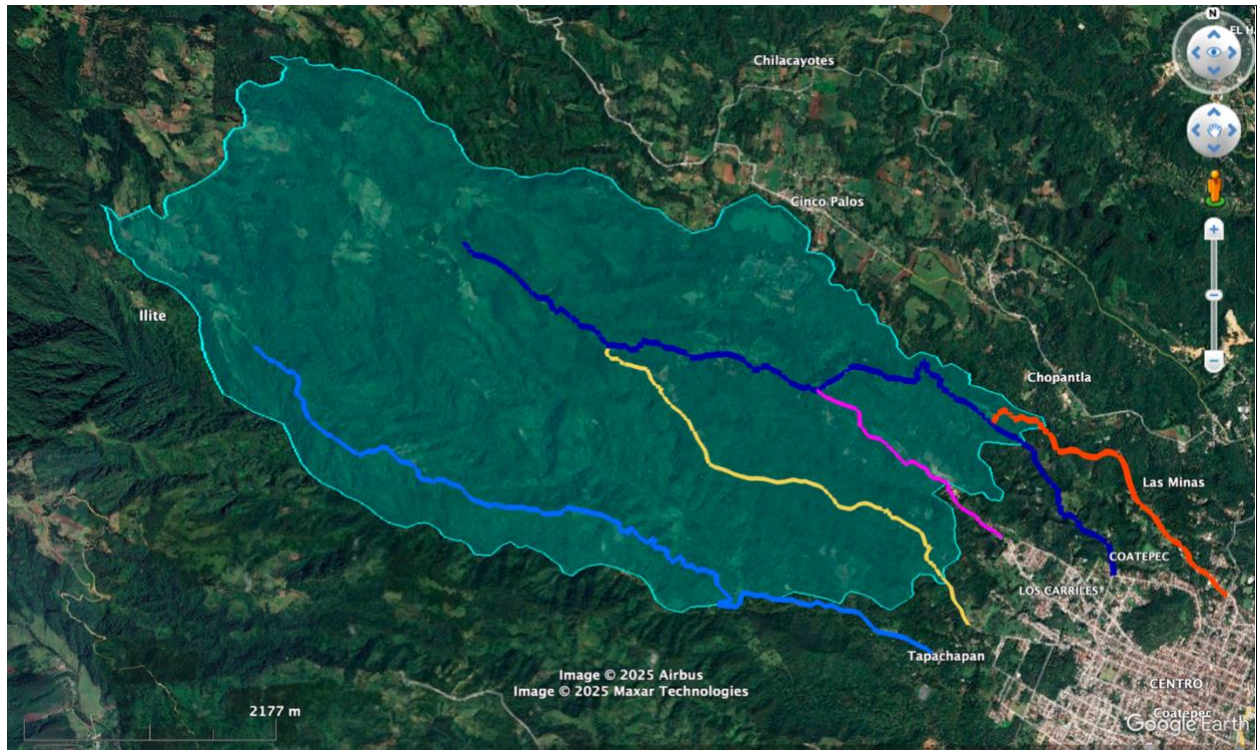


Figure 2. Access routes to the Loma Alta region: There are five unpaved access routes to the region: Prolongación Altamirano (orange), Tlanalapa (light blue), Colonia Lázaro Cárdenas (maroon), Camino Real to Dos Caminos (yellow), and Tapachapan (light blue). A continuously updated map is available. [Access routes to the Loma Alta region.](#)

The time allocated for conducting monitoring activities, regardless of task delegation, is estimated to be at least five hours. An additional hour is considered for transportation to and from the municipal seat for participants who do not reside within the region.

1. Inventory of Water Resources, Forest Cover, and Land Use

Objectives:

A comprehensive inventory of springs, surface runoff, streams, and forest cover within the region will be conducted.

Data Collection Methodology:

Using existing maps, verification with publicly available up-to-date satellite imagery, drone flights, and field validation, a map of the current cloud forest cover will be developed. This will be based on automated processing of visible light (RGB) bands and automated classification methods that allow the identification of different vegetation types and age classes, and consequently, different land uses. The optimal period for data collection is during the months of lower precipitation, between February and April. The automated classification procedure will be repeated annually between February and March to monitor changes in land use and forest cover over time.

Final Product:

A detailed map of these resources will be produced and made available online for access by community members.

2. Ecosystem Functioning Variables in Air, Water, and Soil

2.1 Water

Objective:

Seasonal and monthly sampling of river and stream discharge (flow).

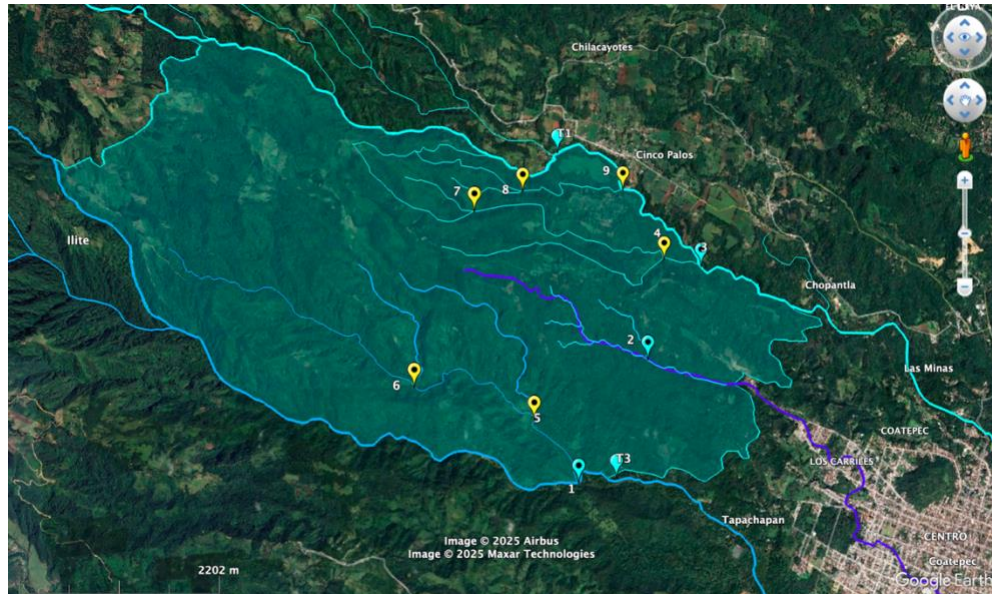


Figure 3. Water flow monitoring points: Blue points represent the total flow captured by the region and were sampled on a monthly basis. Yellow points identify contributions from each sub-basin and were sampled seasonally. A continuously updated map is available [Water flow monitoring points](#).

Discharge (flow) refers to the amount of water flowing per second in water bodies such as rivers, streams, and springs, and is expressed in m^3/s or L/s .

Methodology:

Discharge will be measured using both manual methods (float technique) and automated instruments (flow meters). A total of five sites will be sampled monthly, and an additional six sites will be sampled seasonally, allowing for the calculation of total regional water contribution as well as contributions by sub-basin (Figure 3). Monthly sampling will be conducted during the first week of each month, while seasonal sampling will take place during the first week of February, May, August, and November.

2.2 Suelo

A network of sampling points will be designed to monitor ecosystem functioning in well-conserved cloud forest areas, serving as reference sites to be compared with additional points that may be established by community members or researchers in other land-use types or in adjacent urban areas. For this purpose, ten sampling points will be selected in original, well-preserved forest, located on slopes of less than 5%, along mountain ridgelines, and representative of the altitudinal gradient. These sites will be established either on lands with written approval from landowners who commit to maintaining the current land use, or within areas that are explicitly protected. Figure 4 presents a proposed configuration of these ten sampling points based on currently available maps; however, their final locations may change depending on landowner interviews, site relevance, or accessibility.

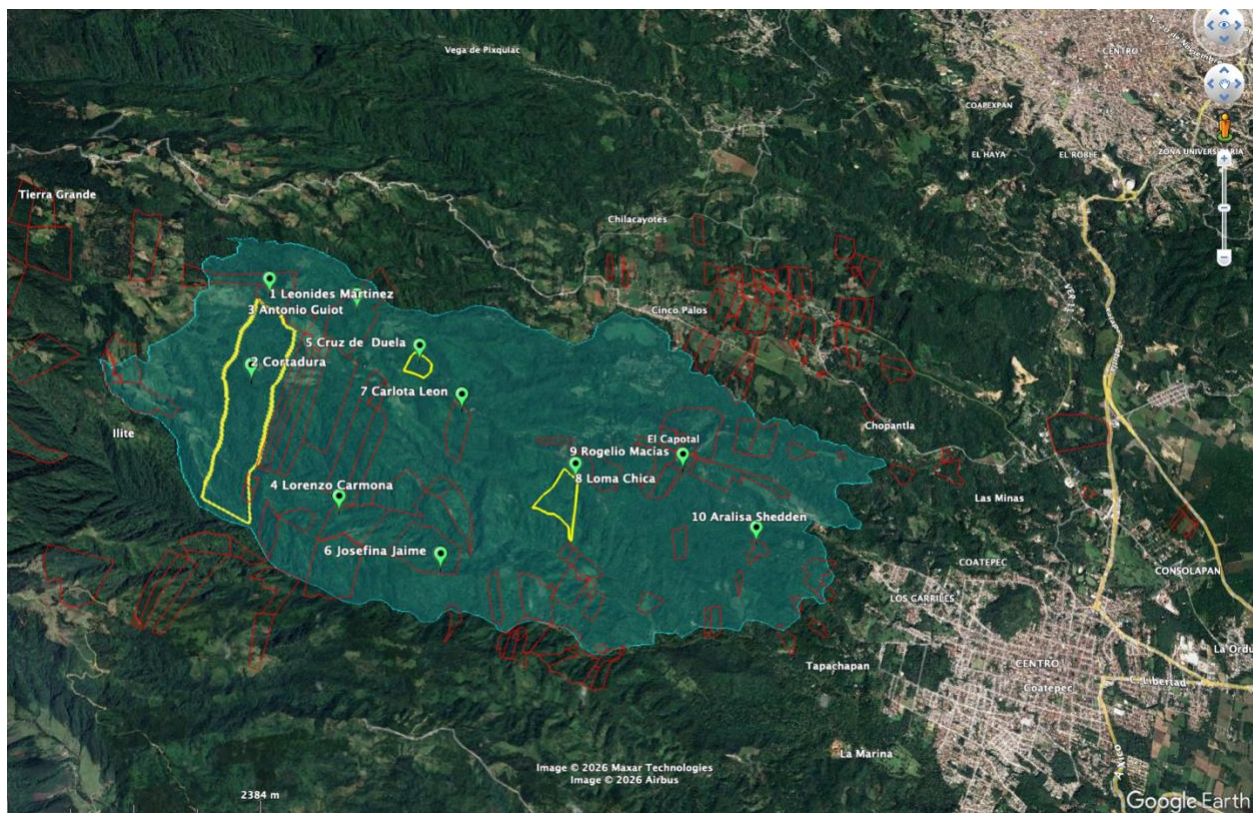


Figure 4. Proposed sites for soil and air sampling: Sites are located within protected areas (yellow polygons) or on lands registered under the Fidecoagua program (red polygons). Final site locations will depend on landowner interviews and field verification of slope and conservation status. A continuously updated map is available [Proposed sites for soil and air sampling](#).

Objective

Seasonal soil sampling will be conducted to determine: potential net rates of carbon and nitrogen mineralization, litter layer depth, and measurements of pH, cation exchange capacity (CEC), nitrate, ammonium, and Bray phosphorus (P-Bray). Soil samples will also be collected every five years to

determine total carbon, nitrogen, and phosphorus, as well as other macro- and micronutrients (Ca, Mg, Fe, Zn, K, Na).

Methodology

The timing of seasonal soil sampling will follow the same schedule described for water flow monitoring. According to the methodology proposed by CONAFOR (2019), in order to obtain quantitative information on soils and litter, three [sampling units / measurements / replicates] will be conducted at each site

2.3 Air

Objective:

In this case, we propose monitoring the accumulation of carbon and nitrogen in the leaf biomass of epiphytic plants of the genus *Tillandsia*, which are highly abundant in the region. Sampling will be conducted at the same sites established for soil monitoring and following the same temporal schedule.

Methodology:

Biomonitoring involves collecting samples from living organisms that accumulate elements of interest. Seasonal samples are proposed for foliar determinations of carbon and nitrogen stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). The accumulation of carbon and nitrogen in the leaves of these organisms serves as an indicator of fossil fuel combustion, fertilizer use, agricultural burning, and other anthropogenic sources.

3. Climate Variables

Objective:

To integrate data collected from the existing weather station with the rest of the monitored variables.

Methodology:

Existing data will be reviewed and prepared for integration into the database once the other monitoring activities are underway. The proposed variables include temperature, humidity, radiation, precipitation, and wind speed for the years 2024 and 2025. The installation of an additional weather station near the upper elevation range (between 2,000 and 2,300 meters above sea level) is also proposed during the project period.

4. Socioeconomic Variables

Objective:

To collect socioeconomic and demographic information from residents of the Loma Alta region in order to better understand the relationship between ecosystem functioning and the people who inhabit and manage the landscape.

Methodology:

Once the project design is finalized, a series of meetings in person and virtual, will be scheduled with landowners in the Loma Alta region to:

- Present the project and request the participation and collaboration of property owners within the Loma Alta region.

- Request written authorization for access to properties where sampling activities will take place, along with an agreed-upon schedule of site visits.
- Request written authorization to conduct drone overflights over one or more properties for monitoring and data collection purposes related to this research.

Socioeconomic information will be collected through surveys that have been previously validated by subject-matter experts. Surveys will be administered at the beginning of the project and subsequently on an annual basis. Surveys will be conducted among residents of the localities identified through satellite imagery or exploratory interviews, reflecting the low population density of the region. Loma Alta is the largest settlement in the area and is therefore proposed as the reference locality that gives identity to the region.

Localidad	Población de acuerdo con el último censo INEGI (2020)
Loma Alta	37
Cruz de Duela	4
Dos Caminos	7
Coatepec Viejo	9
Hayas Cuatas	2
Tierra Grande	70
El Capotal	14
Puente Zaragoza	14
Cuesta del Pino	30

For the surveys, it is proposed that participants be convened through Ana Laura. The possibility of collecting information through electronic means during field visits conducted for monitoring activities is also considered.

Logística de recolección de datos para cada variable:

Existen cinco rutas de acceso de terracería que se adentran en la región desde la cabecera municipal, así como una extensa red de veredas que permite el acceso a la totalidad de la zona de estudio. Los muestreos serán realizados por miembros de la comunidad, tanto residentes como no residentes, quienes conocen los accesos a todos los puntos de muestreo propuestos; estos trabajos se llevarán a cabo en grupos que incluirán al menos a una de las líderes comunitarias del proyecto. El proyecto cuenta con conocimiento local y con la asesoría de expertos y científicos de la región para cubrir las distintas áreas de trabajo. Adicionalmente, se incorporará un especialista en manejo de bases de datos, imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, quien será responsable del procesamiento y análisis de la información espacial, la elaboración de mapas y el apoyo en la divulgación de estos insumos cartográficos a la comunidad.

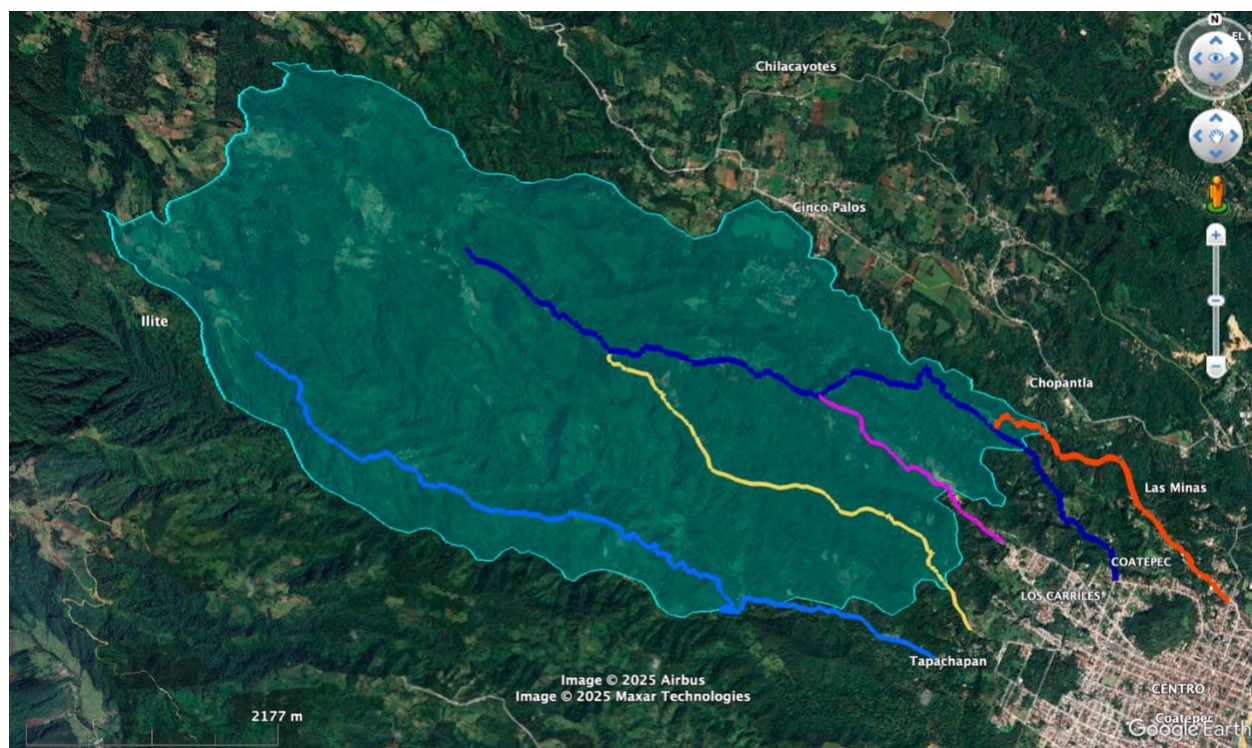


Figura 2. Accesos a la región de Loma Alta. Existen cinco vías de acceso no pavimentadas a la región, la de Prolongación Altamirano (naranja), la de Tlanalapa (azul claro), la de Colonia Lázaro Cárdenas (guinda), la de Camino real a Dos Caminos (amarilla) y la de Tapachapan (azul claro). Mapa en actualización constante disponible [Accesos a la región de Loma Alta](#).

Se considera que el tiempo destinado para realizar los monitoreos, independientemente de la delegación de actividades es de al menos 5 horas. Considerando una hora extra para el transporte al sitio y de regreso a la cabecera municipal en el caso de quienes no residan en la región.

1. Inventario de recursos hídricos, cobertura boscosa y usos de suelo

Objetivos: Se hará un inventario exhaustivo de manantiales, escurrimientos, arroyos y cobertura boscosa de la zona

Metodología para recolección de datos: Usando mapas ya existentes, verificaciones con fotos satelitales actuales de acceso público, vuelos de dron y verificaciones en campo, se elaborará un mapa de la cobertura actual de bosque de niebla en base a procesamiento automatizado en bandas de luz visible RGB y su clasificación también automatizada que permitirá definir diferentes tipos y edades de vegetación, y así diferentes usos de suelo. El periodo ideal para esto son los meses de menor precipitación entre febrero y abril. El procedimiento de clasificación automatizada se repetirá anualmente entre febrero y marzo para monitorear cambios en el uso de suelo y cobertura boscosa.

Producto final: Se elaborará un mapa detallado y accesible en línea a estos recursos para acceso por miembros de la comunidad.

2. Variables de funcionamiento ecosistémico en aire, agua y suelo

2.1 Agua

Objetivo: Muestras estacionales y mensuales de cantidad (flujo) de ríos y arroyos.

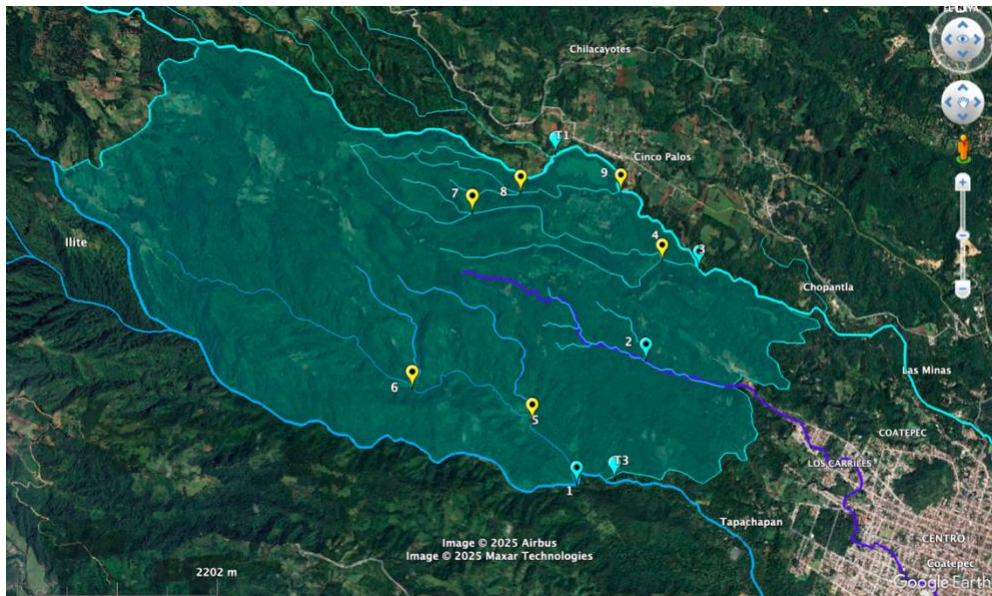


Figura 3. Los puntos en azul representan el flujo total captado por la región y se muestran mensualmente. Los puntos en amarillo permiten identificar los aportes de cada subcuenca y se muestrearon estacionalmente. Mapa en actualización constante disponible [en esta liga](#).

El caudal es la cantidad de agua que fluye cada segundo en cuerpos de agua como ríos, arroyos y manantiales, se expresa en m³/s o l/s.

Metodología: Medición manual mediante un flotador y automatizada por medio de un caudalímetro. Se muestrearon 5 puntos mensualmente y 6 más estacionalmente, lo que permitirá calcular el aporte hídrico de la región total y por subcuenca (Figura 3). Los muestreos mensuales se

- a.** Muestras de suelo estacionales para determinaciones de: tasa neta potencial de mineralización de carbono y nitrógeno, profundidad del mantillo y determinaciones de pH, CIC, nitrato, amonio, P-Bray.

- b. Muestras de suelo penta-anuales para determinación de carbono, nitrógeno y fósforo totales, y otros macro y micronutrientes (Ca, Mg, Fe, Zn, K, Na);

Metodología: La temporalidad de las muestras estacionales será la misma que la descrita para monitoreo de flujo de agua. De acuerdo con la metodología propuesta por la CONAFOR (2019), para obtener información cuantitativa de los suelos y mantillo, se deberá realizar en el sitio 3 de

2.3 Aire

Objetivo: En este caso proponemos monitorear la acumulación de carbono y nitrógeno en la biomasa de las hojas de plantas epífitas del género *Tillandsia*, muy abundantes en la región. Los muestreos se harían en los mismos sitios plantados para monitoreo de suelo y con la misma temporalidad.

Metodología: El biomonitoreo Consiste en tomar muestras de organismos vivos que capturan algún elemento de interés. Se proponen muestras estacionales para determinaciones foliares del delta C13 y delta N15 ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ señales isotópicas). La acumulación de carbono y nitrógeno en las hojas de estos organismos es indicador de la quema de combustibles fósiles, uso de fertilizantes, quemas agrícolas y otras fuentes antropogénicas.

3. Variables climáticas

Objetivo: Integrar los datos recolectados de la estación existente al resto de las variables monitoreadas.

Metodología: Revisar los datos existentes para su futura integración en la base de datos, una vez obtenidos los demás monitoreos. Las variables propuestas son: temperatura, humedad, radiación, precipitación, velocidad del viento, para 2024 y 2025. También se plantea la instalación de otra cerca de la cota superior de altitud entre los 2000 y 2300 msnm durante el proyecto.

4. Variables socioeconómicas

Objetivo: Recolectar información socioeconómica y demográfica de los habitantes de la región de Loma Alta, para así comprender la relación entre el funcionamiento ecosistémico y sus habitantes.

Metodología: Una vez que se tenga el proyecto definido, se agendará distintas reuniones, tanto presenciales como virtuales con los dueños de la región de Loma Alta para:

- a. Dar a conocer el proyecto y solicitar la participación y colaboración de los propietarios ubicados en la Región Loma Alta.
- b. Solicitar a los dueños de los predios donde se realizarán los muestreos su autorización de paso, así como un calendario con las fechas de las visitas (por escrito)
- c. Solicitar la autorización de los dueños de sobrevolar su o sus predios con fines de monitoreo y obtención de datos para esta investigación (por escrito).

Se recabará la información por medio del levantamiento de las encuestas previamente validadas por expertos. Se realizará un levantamiento al inicio del proyecto y posteriormente se realizará de manera anual. Se levantarán encuestas a los habitantes de las localidades identificadas mediante imágenes de satélite o entrevistas exploratorias, entre las cuales están las siguientes ilustrando la baja densidad poblacional de la zona. Loma Alta es la población más grande de la región, de ahí que la proponemos para dar identidad a la misma:

Localidad	Población de acuerdo con el último censo INEGI (2020)
Loma Alta	37
Cruz de Duela	4
Dos Caminos	7
Coatepec Viejo	9
Hayas Cuatas	2
Tierra Grande	70
El Capotal	14
Puente Zaragoza	14
Cuesta del Pino	30

Para el levantamiento de las encuestas, se propone que se convoque a las personas por medio de Ana Laura. También se considera la posibilidad de realizar el levantamiento de la información por medios electrónicos durante las salidas a campo para el monitoreo.