

Puya raimondii:

Un estudio en el Santuario Nacional de Calipuy
en la Cordillera de los Andes al norte de Perú

Redactado por:

Shannon F. Zuschlag

UN PROYECTO

Sometido a la Universidad Estatal de Oregón

En cumplimiento parcial de los requisitos para
el grado de maestría en silvicultura

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| Los <u>Objetivos</u> | 8 |
| MÉTODOS..... | 9 |
| <u>Descripción de la Zona de Estudio</u> | 9 |
| <i>La Topografía</i> | 9 |
| <i>El Clima</i> | 10 |
| <i>La Hidrología</i> | 11 |
| <i>La Flora</i> | 11 |
| <i>La Fauna</i> | 12 |
| <u><i>Puya raimondii</i>: Inventario de plantas</u> | 12 |
| <i>Los Límites</i> | 12 |
| <i>Vista Panorámica</i> | 13 |
| <i>Recopilación de los datos de campo</i> | 14 |
| El Tamaño | 14 |
| Morfología | 15 |
| Tipos de hábitat | 19 |
| Elevación | 22 |
| Hongo | 23 |
| Daño por insectos | 23 |
| Presencia de nidos de aves | 25 |
| <i>Análisis de los datos</i> | 25 |
| RESULTADOS..... | 26 |
| <i>Pendiente, orientación y elevación</i> | 26 |
| <u><i>Puya raimondii</i>: Inventario de plantas</u> | 29 |
| <i>Morfología</i> | 29 |
| <i>Tipos de hábitat</i> | 36 |
| <i>Pendiente, orientación y elevación</i> | 37 |

| | |
|---|----|
| <i>Hongo</i> | 47 |
| <i>Daño por insectos</i> | 47 |
| <i>Presencia de nidos de aves</i> | 49 |
| DISCURSO..... | 50 |
| ¿En qué sitios del Santuario prefiere crecer la <i>Puya raimondii</i>? | 51 |
| ¿Dónde en el Santuario se manifiesta la reproducción más exitosa y a qué se debe? | 53 |
| ¿Es sostenible la población de <i>Puya raimondii</i> en el Santuario Nacional de Calipuy? | 56 |
| ¿Es sostenible la población de <i>Puya raimondii</i> en toda su extensión actual? | 57 |
| Recomendaciones de estudios que se lleven a cabo en el Santuario Nacional de Calipuy en el futuro y estrategias para la administración del mismo | 60 |
| CONCLUSIONES..... | 63 |
| APÉNDICES..... | 64 |
| LITERATURA CITADA..... | 69 |

INTRODUCCIÓN

La *Puya raimondii*, conocida como “La Reina de los Andes” es una planta espectacular alta-Andina que pertenece a la familia *Bromeliad*. Produce uno de los tallos florales más grandes del mundo, los cuales alcanzan hasta diez metros de alto (Lambe, 2009). La planta constituye el elemento más prominente en su hábitat de la Puna, un ecosistema andino situado en las altitudes extremas. Se considera como una planta emblemática de la flora andina (Hornung-Leoni, 2013). La planta suele crecer alrededor de 4.000 m en la Cordillera de los Andes de Perú y Bolivia, pero varía desde 3.000 m hasta 4.800 m (Lambe, 2009) y crece únicamente en la Puna (Hornung-Leoni, 2013). A menudo se encuentra en poblaciones muy aisladas y pequeñas. Estas poblaciones frecuentemente totalizan unos pocos cientos de individuos hasta un total de 450.000 en una zona peruana protegida: El Parque Nacional Huascarán. La distribución dispersa de la planta y su extrema uniformidad genética sugieren que la especie es rudimentaria y que podría estar en declive. La cantidad de estas plantas en el Perú puede alcanzar hasta 800.000 individuos y se estima que Bolivia sostiene de 30.000 a 35.000 plantas (Lambe, 2009). La planta se clasifica como una “especie en peligro” según la lista roja de especies amenazadas de la UICN (Lambe, 2009).

La planta es monocárpica, produciendo una sola inflorescencia gigantesca al final de su vida; las plantas duran de 40 a 100 años hasta florecer (Hornung-Leoni and Sosa, 2005). Sólo unos pocos individuos dentro de una población determinada florecerán en cualquier año. Durante el proceso, de 6 a 10 mil flores cubren el tallo de floración (Valverde, 2009). Las flores proporcionan alimento para muchas especies de insectos y pájaros (Valverde, 2009). Cada planta produce de 6 a 12 millones de semillas que son muy pequeñas y que se dispersan con el viento (Valverde, 2009). Las hojas de *Puya raimondii* cuentan con espinas y protegen a muchas especies de aves e insectos que construyen sus nidos en ellas (Valverde, 2009).

Las poblaciones de *Puya raimondii* se encuentran susceptibles a incidentes amenazadores ya que las mismas son generalmente pequeñas y muy aisladas las unas de las otras (Lambe, 2009). Aparentemente la situación ha causado que las poblaciones resulten sumamente homogéneas respecto a su genética y por ende corren más riesgo de enfermarse,

de daño parasítico o susceptibilidad a cambios climáticos (Lambe, 2009). El riesgo más grave para la mayoría de las poblaciones de *Puya raimondii* es el impacto humano, en lo que se incluyen incendios repetidos para generar o mantener praderas y su uso como combustible o material de construcción por parte de los habitantes locales. Los campesinos temen que las plantas con sus espinas curvadas hacia el interior de las hojas “enganchen” al ganado pastoreándose. Probablemente sucede raras veces pero no es inconcebible (Lambe, 2009).

Con el fin de proteger a esta especie en peligro de extinción, el gobierno nacional estableció una zona protegida. La misma se ubica en las montañas andinas del Perú; el Santuario Nacional de Calipuy (véase la Ilustración 1). Se estableció el 8 de enero de 1981. Se encuentra en el departamento de La Libertad en la provincia de Santiago de Chuco, en el distrito de Santiago de Chuco. Este Santuario cubre 4.500 hectáreas y está situado entre 3.450 y 4.361 metros de altitud. Una “Zona de Amortiguamiento” se estableció alrededor del Santuario que incluye ocho caseríos pequeños y muchos campos agrícolas. Idealmente esta Zona presenta suficiente espacio intermedio como para neutralizar diferentes tipos de impactos negativos. Es decir los que se producen por actividades humanas y que podrían afectar el Santuario: minería, cacería, tala forestal, captación de agua, explotación de la tierra, etc. La Agencia Nacional de Servicio responsable por la administración del Santuario y su Zona de Amortiguamiento es: El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Entre las amenazas que enfrentan la población de *Puya raimondii* en el Santuario, se incluyen la invasión de los seres humanos en su hábitat, la ganadería, los cambios en el manejo del riego y del agua, también la quema directa y la destrucción de plantas individuales. Esta especie no se adaptó para aguantar ciclos naturales de incendios ya que las tormentas eléctricas sólo ocurren durante la temporada de lluvias frías en las altitudes extremas de la Cordillera de los Andes de Perú y Bolivia (Wikipedia contribuyentes, 2014). La población de *Puya raimondii* en esta zona protegida presenta un ejemplo de la situación más grave que amenaza la planta a través de toda su distribución. El estudio de esta población específica producirá resultados pertinentes a una región más amplia.

Durante la década de los 60 e incluso antes, las tierras comprendidas en el Santuario Nacional de Calipuy y las zonas cercanas protegidas de la Reserva Nacional de Calipuy formaban parte de plantaciones de propiedad privada. La reforma agraria de 1969, permitió que el gobierno militar de Perú confiscara las tierras de los propietarios de las plantaciones y que se la entregara a los trabajadores. Esos obreros formaron la Sociedad Agraria de Interés Social, SAIS Libertad N°18, una cooperativa que se apoderó de la plantación como nueva propietaria de las tierras y administradora de los recursos de la zona. En Octubre de 1972, la cooperativa propuso apartar una reserva de 3.000 hectáreas para proteger al guanaco y fomentar el turismo. La cooperativa estableció límites de sus tierras, señalándolos con muros de piedra para evitar que el ganado cruzara el confín. La cooperativa comenzó a resguardar los recursos de la zona protegida mucho antes de que el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) interviniera. El Santuario Nacional de Calipuy se estableció oficialmente el 8 de enero de 1981 y el INRENA, lo que eventualmente se convirtió en SERNANP, asumió el control de administrar el Santuario.

Los problemas económicos y organizativos ya habían socavado la cooperativa SAIS Libertad, pero el colapso fue finalmente causado por el terrorismo en la zona a finales de los años ochenta y comienzos de los noventa. A medida de que la violencia guerrillera se extendió, el Gobierno ya no podía atender la zona protegida. Después de varios años de escasa presencia gubernamental en esta zona protegida, un nuevo director fue nombrado a mediados de 2001 para administrar la zona y se tomaron una serie de medidas para intentar la recuperación y la explotación de las tierras designadas (Shoobridge, 2003). Durante este período cerca de 1/3 del Santuario se había colonizado otra vez por seres humanos con sus edificios, campos agrícolas y ganado, e incluso una escuela. Estas tierras llegaron a conocerse como “la Zona de Invasión.”

En el momento de este estudio realizado en 2013 y 2014, seis Guardaparques contratados a tiempo completo vivían en el Santuario en dos viviendas separadas (una ubicada en el lado norte y otra en el lado sur) y realizaban actividades de vigilancia especialmente a lo largo de senderos muy transitados. También se encargaron de la Zona de Invasión donde las viviendas, los canales de irrigación y los campos agrícolas no se permiten mejorar ni crecer en

tamaño. No se ha permitido el pastoreo de ganado a campo abierto en ninguna parte del Santuario desde 2006.

Los Objetivos:

1. Establecer puntos de referencia (datos al momento del comienzo del estudio) para poder compararlos con datos recopilados en el futuro cuando se realice un seguimiento de los cambios.
2. Determinar dónde en el Santuario las tasas de crecimiento y la reproducción de *Puya raimondii* son más exitosas y ¿por qué? La información podría conducir a conclusiones también tocantes a la región geográfica más amplia y a las otras zonas protegidas.
3. Determinar si la población es sostenible examinando: a) las tasas de mortalidad, b) la salud de la flora, su condición (capacidad reproductiva), y c) el porcentaje de floración.

El primer paso para establecer un plan de monitorear esta planta ubicada dentro de los límites del Santuario Nacional de Calipuy es el de determinar los puntos de referencia. Se registró la altitud, morfología, condición de la planta, tipo de hábitat y tamaño aproximado para cada *Puya raimondii*. La altitud indica los parámetros de distribución para esta población. La morfología indica patrones estructurales básicos de esta población e indica su capacidad reproductiva. Condiciones tales como “viva o muerta, quemada o no quemada” nos informa respecto a la viabilidad de la reproducción de los individuos en esta población. Los datos de hábitat definen los límites del hábitat de la planta dentro del Santuario y sugieren semejanzas con otras regiones geográficas más amplias y análogas. El tamaño aproximado de cada planta y su flor nos da información estructural básica sobre esta población. Se recopiló información suficiente para que SERNANP monitoreara la población y así averiguaría su potencial reproductivo con el tiempo. Tras su observación continua, los Guardaparques pueden determinar si la población está creciendo o declinando y aún más importante *a qué se debe* el cambio. Implementando esos métodos, los Guardaparques administrarán adecuadamente el ambiente y protegerán la planta en el futuro.

MÉTODOS

Descripción de la Zona de Estudio

La Topografía

El Santuario Nacional de Calipuy es heterogéneo: comprende desde llanuras hasta Afloramientos Rocosos. También abarca laderas muy empinadas atravesadas por pequeños riachuelos que se acumulan en grandes cuencas en las tierras bajas durante la temporada de lluvias. Un estudio de los suelos se realizó en un sitio parecido al Santuario, dentro de las mismas zonas biológicas de Perú (véase *La Flora*). La tarea científica se llevó a cabo a las mismas elevaciones en el lado occidental de la Cordillera de los Andes. Se notó que los suelos en las laderas empinadas (de 25 a 75%) (entre 14° y 37°) consistían de “suelos francos arenosos de color marrón oscuro y de poca profundidad”. Se observó que los suelos en las laderas moderadas (de 8 a 25%) (entre 4.5° y 13°) se caracterizaban por ser “suelos francos arenosos de color marrón oscuro y profundos” (Kauffman, 1998). Creo que esos suelos pueden correlacionarse con los tipos de hábitat registrados como los con “Hierba Ichu” (véase *Tipos de hábitat*). Según la geología, en general los suelos que se correlacionan con los tipos de hábitat registrados como “Suelos Rocosos” y “Afloramientos Rocosos” (véase *Tipos de hábitat*) apenas se están generando de nuevo, así que por ende se caracterizan por su escasez de agentes nutritivos. También se conocen por su relieve áspero y falta de capacidad para retener agua. Categorizo las Clases de Pendientes (Baja, Media y Empinada) de modo parecido pero no idéntico a esas mediciones (véase *Tipos de hábitat*).

La geología en el Santuario pertenece a la del grupo Calipuy, una formación que se desarrolló desde la época del Oligoceno hasta la del Mioceno. Durante ese período ocurrieron cuatro etapas de vulcanismo resultando actualmente en una geomorfología de relieves blandos, abruptamente interrumpidos por afloramientos Cretáceos, así como por estructuras en forma de cúpula resistentes a los procesos erosivos (Gálvez, 2013). Estos relieves, afloramientos y estructuras no sobrepasan 100 m desde la parte más baja de las laderas. Vale la pena enfatizar la presencia de la cobertura del Cuaternario, generalmente compuesta de depósitos de morrena arrastrados y depositados por los procesos glaciales Pleistocénicos (Gálvez, 2013).

El Clima

No se disponen de puestos de observaciones climáticas ni adentro ni en los alrededores del Santuario, consecuentemente no se saben las mediciones precisas. La mayoría de las precipitaciones ocurren entre diciembre y abril: 1,200 mm durante esos meses (Shoobridge, 2003). Marzo es el más lluvioso. Julio y agosto son los más secos: entre 280 y 500 mm de lluvia durante estos meses (Shoobridge, 2003). Al parecer, la cantidad de agua varía cada año. Los habitantes nos relatan que cada dos o tres años llueve abundantemente y luego sigue un período de “sequía” o precipitaciones muy leves. Las lluvias se manifiestan de modo muy localizado y la sección noreste del Santuario recibe más precipitación pluvial que la sección suroeste (Gálvez, 2013).

El clima de las montañas andinas se correlaciona estrechamente con la altitud. En la Tabla 1 se indican los parámetros claves de las zonas altitudinales, pertinentes a la Zona de Estudio.

Tabla 1: Características climáticas de las zonas según su altitud en la Cordillera de los Andes de Perú.

| Clases | Altitud (m) | Temperatura Media Anual (°C) | Lluvia (mm X año-1) | Limitación |
|------------------------|--------------------|---|--------------------------------|------------------------|
| Húmeda y semi-frígida | 4.000 – 4.500 | 5 | 1000 | Gran riesgo de heladas |
| Húmeda y fría | 3.500 – 4.000 | 9 | 1100 | Riesgo de heladas |
| Sub-húmeda y semi-fría | 3.000 – 3.500 | 14 | 850 | Algunas sequías |

La fuente: (ONERN, 1975).

La Hidrología

La red hidrográfica se considera dendrítica dado que el agua fluye sobre una base estacional a través de las cuencas del Santuario. Se encuentran numerosos manantiales, arroyos perennes y canales de desagüe hacia tierras pantanosas a través de las colinas del Santuario. Además, un mínimo de cinco canales de irrigación, algunos con más de 100 años de haberse construido, entrecruzan las laderas y proporcionan agua a numerosos pueblos pequeños y viviendas particulares tanto fuera como dentro del Santuario.

La Flora

El Santuario Nacional de Calipuy cuenta con dos zonas biológicas: la llanura tropical subalpina muy húmeda y la selva tropical montañosa húmeda (IRENA, 1995). La mayoría de las plantas de la zona son medianas o pequeñas de tamaño, semileñosas y herbáceas, y crecen en terrenos rocosos. Las especies semileñosas son generalmente arbustos de tamaño mediano que miden desde 0,60 a 1,5 m de largo. La vegetación es más abundante en las laderas que en las cumbres rocosas y los afloramientos. Las especies principales son: la *Puya raimondii*, *Puya angusta*, *Cheilanthes gruinata*, *Stenomesson coccineum*, *Calliandra expansa*, *Lupinus esp.*, *Verbena clavata*, *Salvia oppositiflora*, *Satureja esp.*, *Satureja guamaniansis*, *Urocarpidum esp.*, *Arcythophyllum thymifolium*, *Baccharis latifolia* y *Baccharis odorata*.

El Santuario Nacional de Calipuy abarca aproximadamente a 55.000* plantas de *Puya raimondii* tantas juveniles como adultas. Las plantas juveniles exhiben una roseta densa de hojas rígidas en forma de espada que se radian formando un racimo casi esférico desde la parte superior de un tronco erecto simple el cual puede medir hasta un metro de diámetro (Rees, W.E. and Roe, N.A., 1980). En las plantas adultas, este tronco grueso se envuelve con capas de hojas espinosas muertas formando una falda o un manto denso. Las flores eventualmente aparecen desde la parte superior de la roseta como una flor densa que puede alcanzar el tamaño de seis metros. El viento puede derribar a estas plantas porque no están protegidas y porque no producen raíces profundas.

*Véase: Recomendaciones de estrategias para administrar el Santuario Nacional de Calipuy y necesidades de investigaciones en el futuro.

La Fauna

Las especies claves de fauna en la zona son: el zorro andino (*Pseudalopex culpaeus*), zorrillo a rayas en nariz de cerdo (*Conepatus semistriatus*), ciervo cola blanca (*Odocoileus virginianus*), y vizcacha peruana o montesa (*Lagidium peruanum*). Las especies de aves incluyen: el colibrí gigante (*Patagona gigas*), caracara de montaña (*Phalcoboenus megalopterus*), halcón variable (*Buteo polyosoma*), cernícalo americano (*Falco sparverius*), varias especies de pinzón (*Phrygilus esp.*), varias especies de gauchos (*Agriornis esp.*), varias especies de cinclodes (*Cinclodes esp.*), agachadiza de la puna (*Gallinago andina*), gorrión de cuellos (*Zonotrichia capensis*).

Puya raimondii: Inventario de Plantas

Los Límites

La Zona de Estudio se seleccionó fuera de la Zona de Invasión en el Santuario Nacional de Calipuy. Agricultores establecieron sus viviendas, cultivan sus siembras y crían su ganado en la Zona de Invasión. Durante más de 30 años, la misma ha sufrido muchos disturbios. Las plantas de *Puya raimondii* se encuentran por todo el Santuario, pero crecen en un entorno mucho más natural fuera de la Zona de Invasión. Véase el mapa siguiente (Ilustración 2) que indica esos límites.

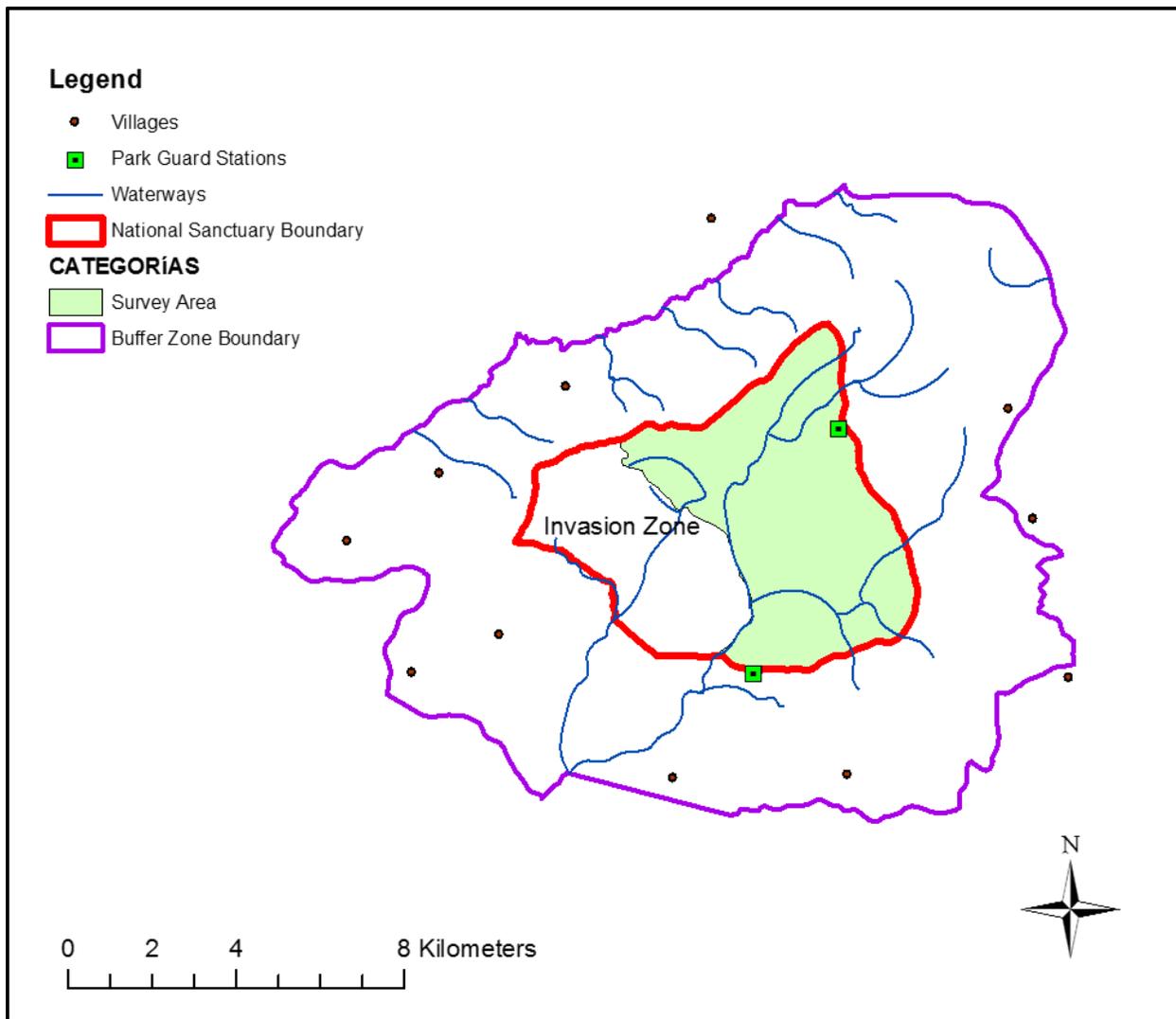


Ilustración 2: Mapa de la Zona de Invasión y Zona de Estudio dentro del Santuario Nacional de Calipuy. (Traducciones: Villages- Caseríos, Park Guard Stations- Puestos de los Guardaparques, Waterways- Las Vías Fluviales, National Sanctuary Boundary- Límite del Santuario Nacional, Survey Area- Zona de Estudio, Buffer Zone Boundary- Límite de la Zona de Amortiguamiento, Kilometers- Kilómetros).

Vista Panorámica

Este inventario de plantas se realizó a pie desde el extremo sur del Santuario hasta el norte, a lo largo de 1,5 años: comenzó el 24 de julio de 2012 y terminó el 23 de octubre de 2013. Una pared de piedra apilada de 2,5 m de alto circunda el Santuario y sirve como un límite evidente. Cada colina se dividió visualmente según sus escurrimientos pluviales. Sistemáticamente me subí hacia la cumbre marcando cada planta individualmente con pintura

de aspersión y registré sus datos. Dado su tamaño y qué bien se destaca, resulta fácil localizar cada una. Debo admitir que omití algunas plantas de tamaño muy pequeño durante el proceso.

Recopilación de los datos de campo

A cada planta de *Puya raimondii* se le asignó sus coordenadas de GPS (sistema de posicionamiento global) y se registró la información siguiente: tamaño (incluyendo el tallo floreciente); morfología (Juvenil, Adulta, en Floración o Florecida); viva o muerta; quemada o no quemada; observaciones de animales (aves y mamíferos, con los resultados de las aves incluidos en los Apéndices); tipos de hábitat (según las especies de las plantas, los tipos de suelo y las pendientes); la elevación; presencia de hongos; daño por insectos (significativo o no significativo); y la presencia de nidos de aves (adentro de orificios en el tallo de la planta o fabricados con ramitas).

Las plantas Juveniles no cuentan con un tallo visible que eleva del suelo el “follaje” verde de las hojas, mientras que las plantas Adultas desarrollan un tallo grueso y evidente. La mayoría de las plantas Juveniles medían a menos de dos metros de tamaño. Las plantas Florecidas son plantas Adultas muertas que habían florecido en el pasado mientras que las plantas En Floración estaban activamente floreciendo. Yo misma determiné si el grado de daño por insectos fue “significativo” o “no significativo”. Formé mi decisión tras observar la cantidad de hojas dañadas (véase la Ilustración 5). Considero esta categoría como cualitativa y no cuantitativa. Apliqué mi propio juicio para determinar si el daño afectará el potencial reproductivo de la planta o no.

El Tamaño

Medí el tamaño aproximado con una cinta métrica flexible y también usé mi propio cuerpo como referencia: del suelo a mi rodilla-1,5 pies (0,5 m); a mi cadera-tres pies (1 m); al hombro-cinco pies (1,5 m); y hasta la coronilla de la cabeza-seis pies (2 m). Marqué las plantas más grandes con pintura de aspersión al nivel de mi cabeza. Después pisé hacia atrás y aproximé lo que quedaba del tamaño con las manos y los dedos. Medí los tallos en floración separadamente del resto de las plantas. Medí las plantas más grandes de tamaño que un pie

(>0,3 m) cada 1/2 pie (0,2 m). Medí las plantas menos de un pie (<0,3 m) de tamaño por pulgada (2,5 cm). Las mediciones originales se realizaron en pies y luego se convirtieron a metros durante el procesamiento de datos.

Morfología

La Tabla 2 ilustra cómo cada planta *Puya raimondii* fue asignada en una de las 12 categorías diferentes.

| Nombre | Foto | Descripción |
|-----------------------------|--|--|
| Juvenil-viva y no quemada |  | Plantas juveniles vivas sin tallo visible y no quemadas. |
| Juvenil-viva y quemada |  | Plantas juveniles vivas sin tallo visible y quemadas. |
| Juvenil-muerta y no quemada |  | Plantas juveniles muertas sin tallo visible y no quemadas. |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| <p>Juvenil-muerta y quemada</p> |  | <p>Plantas juveniles muertas sin tallo visible y quemadas.</p> |
| <p>Adulta-viva y no quemada</p> |  | <p>Plantas adultas vivas con tallo visible y no quemadas.</p> |
| <p>Adulta-viva y quemada</p> |  | <p>Plantas adultas vivas con tallo visible y quemadas.</p> |

Adulta-muerta y no quemada



Plantas adultas muertas con tallo visible y no quemadas.

Adulta-muerta y quemada



Plantas adultas muertas con tallo visible y quemadas.

En Floración-viva y no quemada



Plantas adultas vivas con el tallo floreciente y no quemadas.

En Floración-viva y quemada



Plantas adultas vivas con el tallo floreciente y quemadas.

| | | |
|--------------------------------------|--|--|
| <p>Florecida-muerta y no quemada</p> |  | <p>Plantas adultas muertas con el tallo florido y no quemadas.</p> |
| <p>Florecida-muerta y quemada</p> |  | <p>Plantas adultas muertas con el tallo florido y quemadas.</p> |

Tipos de hábitat

Yo misma registré el tipo de hábitat que rodea cada planta *Puya raimondii* para entonces categorizarlo según 19 criterios (véase las descripciones a continuación). Las plantas crecen entre rocas, en afloramientos rocosos, en suelos rocosos, y en praderas de Hierba de Ichu. Los afloramientos rocosos representan exposiciones visibles de un cauce rocoso o de

depósitos superficiales antiguos deslavados debido a la erosión o actividad tectónica (Wikipedia, 2014). Los suelos rocosos se caracterizan por su escasez sino falta total de hierba. Además se notan piedritas esparcidas por toda la superficie. La pradera de Hierba de Ichu consiste en concentraciones de varias hierbas, incluyendo la Festuca, espolín, *Poaceae*, y cañavera doblada. Se encuentra en la Puna Andina o en praderas (Kalman, 2003). El declive de las laderas de las colinas se midió con un transportador de campo y se registró en grados.

Roca- cuando una planta crecía encima de una roca en una ladera.

Roca Fondo del Valle- cuando una planta crecía encima de una roca y esa roca estaba ubicada en el fondo de un valle ($<6^\circ$ de pendiente).

Afloramiento Rocosos Fondo del Valle- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado en el fondo de un valle ($<6^\circ$ de pendiente).

Afloramiento Rocosos Pie de la Ladera- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado al pie de una colina y más alto que un llano ($<6^\circ$ de pendiente).

Afloramiento Rocosos Cauce de Río- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado en el cauce de un río.

Afloramiento Rocosos Ladera Media- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado en una ladera media (entre $\leq 16^\circ$ y $\geq 6^\circ$ de pendiente).

Afloramiento Rocosos Ladera Empinada- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado en una ladera Empinada ($\geq 16^\circ$ de pendiente).

Afloramiento Rocosos Cumbre- cuando una planta crecía en un afloramiento rocoso ubicado en una cumbre.

Suelo Rocosos Fondo del Valle- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado en el fondo de un valle ($<6^\circ$ de pendiente).

Suelo Rocosos al Pie de la Ladera- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado al pie de una colina y más alto que un llano ($<6^\circ$ de pendiente).

Suelo Rocosos Cauce de un Río- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado en el cauce de un río.

Suelo Rocoso Ladera Media- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado en ladera media (entre $\leq 16^\circ$ y $\geq 6^\circ$ de pendiente).

Suelo Rocoso Ladera Empinada- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado en ladera Empinada ($\geq 16^\circ$ de pendiente).

Suelo Rocoso Cumbre- cuando una planta crecía en suelo rocoso ubicado en la cumbre ($< 6^\circ$ de pendiente).

Hierba Ichu Ribera- cuando una planta crecía en una pradera de Hierba Ichu ubicada en una ribera.

Hierba Ichu Ladera Media- cuando una planta crecía en una pradera de Hierba Ichu ubicada en una ladera media (entre $\leq 16^\circ$ y $\geq 6^\circ$ de pendiente).

Hierba Ichu Ladera Empinada- cuando una planta crecía en una pradera de Hierba Ichu ubicada en una ladera Empinada ($\geq 16^\circ$ de pendiente).

Suelo Mojado y/o Zona de Desagüe Ladera Media- cuando una planta crecía en una zona de desagüe dominada por gramíneas húmedas ubicadas en una ladera de pendiente media (entre $\leq 16^\circ$ y $\geq 6^\circ$ pendiente).



Ilustración 3. Diversos tipos principales de hábitat.

Elevación

Usando un dispositivo GPS manual, marca Garmin, las elevaciones se midieron en metros con precisión de hasta tres metros.

Hongo

En una parte del Santuario se observó un hongo negro que parecía afectar la salud de 22 *Puya raimondii*. Adicionalmente otra especie de *Puya* crece en el Santuario: la *Puya angusta*. Esta especie también hospeda al mismo hongo. Ambas especies crecen una cerca de la otra en esta pequeña porción del Santuario. En las siguientes fotos (Ilustración 4) el hongo se puede ver, en blanco y negro, en las hojas de las plantas.

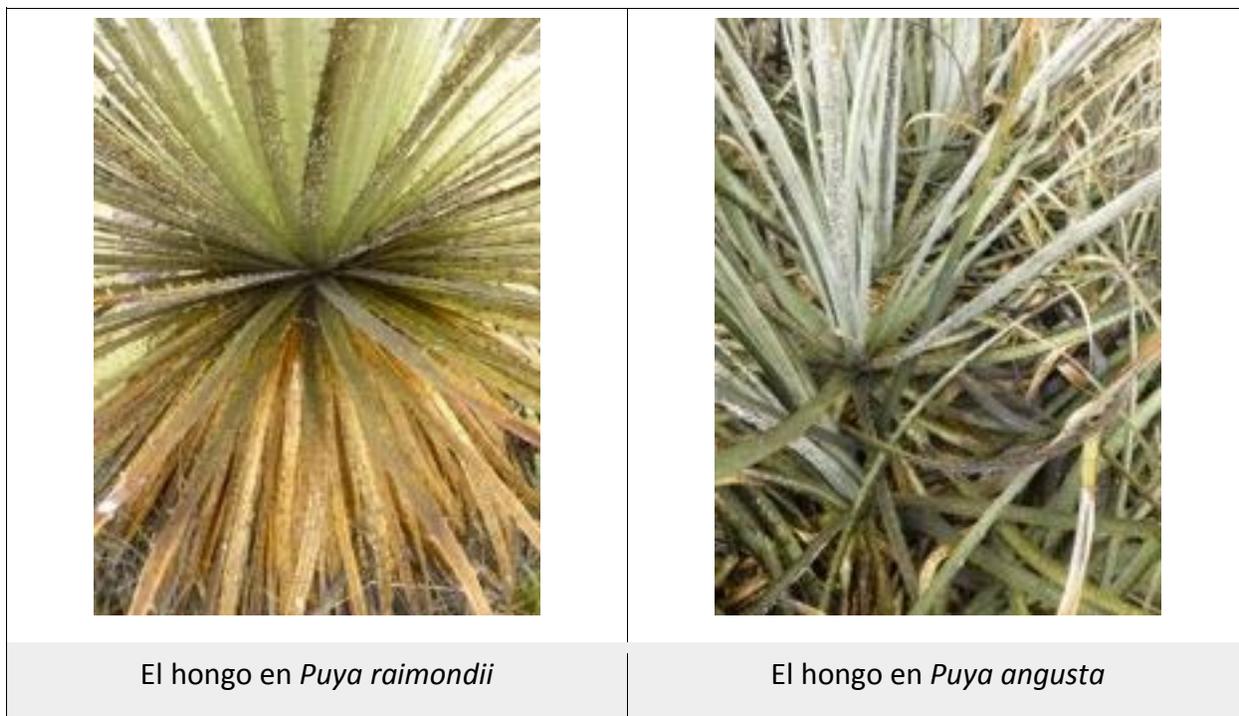


Ilustración 4: El hongo fotografiado en las hojas de *Puya raimondii* y *Puya angusta*.

Daño por Insectos

Los daños causados por insectos se registraron bajo dos categorías: “significativos” y “no significativos.” En las fotos siguientes (Ilustraciones 5 y 6) se puede notar la diferencia entre las dos categorías además de los insectos responsables dentro de una de las plantas. Se considera “significativo” el daño por insecto cuando “la roseta” del medio de la planta se consumió considerablemente sino por completo. Especialmente en las plantas adultas, este tipo de daño podría afectar la capacidad de la planta de recuperarse y así reproducirse en el futuro. Después de la estación lluviosa (de noviembre a marzo) se observaron muchos insectos eclosionando

dentro de las hojas interiores de la planta, generalmente eran moscas pero también observé avispas.

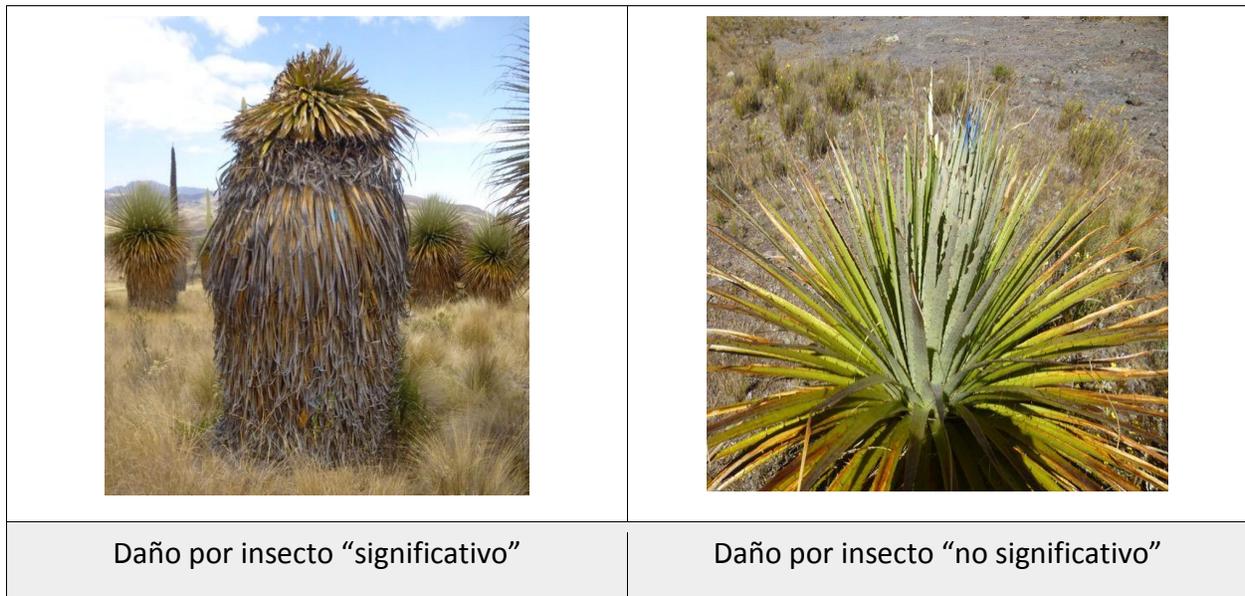


Ilustración 5: *Puya raimondii* que demuestran daño por insectos “significativo” y “no significativo”.



Ilustración 6: Moscas eclosionando dentro de “una roseta” de *Puya raimondii*.

Presencia de Nidos de Aves

Se registró la presencia de nidificación de aves en cada *Puya raimondii*. Se observaron dos tipos: orificios en el tallo florido de las plantas y nidos contruidos de palitos y sujetos en las hojas de las plantas. Las fotos siguientes (Ilustración 7) demuestran los dos tipos.



Ilustración 7: Los dos tipos de nidos de aves observados en *Puya raimondii*.

Análisis de los Datos

Se utilizó un dispositivo GPS manual, marca Garmin, para averiguar las coordenadas de cada planta *Puya raimondii*. Posteriormente se tele-enviaron los datos a ArcGIS 10,1. Los datos del “*Digital elevation model (DEM)*” para el Santuario se obtuvieron por medio de la “*Shuttle Radar Topography Mission (STRM)*”, el conjunto de datos-versión 4,1. Este programa determina elevaciones por todo el mundo con resolución de hasta 90 metros. El sitio web:

<http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1> ofrece más información al respecto y le permite descargar datos. Las coordenadas topográficas se calcularon utilizando la

herramienta de ArcGIS: “*Extract Multi Value to Points.*” En Excel se generaron nuevas columnas de conjuntos de datos para calcular la elevación, la pendiente (en grados), y la orientación según el DEM. El límite de la Zona de Estudio se determinó en ArcGIS 10,1. Tracé a mano el polígono nuevo. Las capas topográficas subsiguientes (la pendiente, orientación, y elevación) se derivaron utilizando la barra de herramientas del analista espacial ArcGIS 10,1. Posteriormente un resumen de las estadísticas para la Zona de Estudio en el Santuario (véase La Tabla 3) se reportó utilizando los “*relativized data*” derivados de las nuevas columnas con los conjuntos de datos en Excel. Los histogramas se generaron utilizando estos mismos “*relativized data*” (véase las Ilustraciones 8 de A a C). Esos datos también sirvieron para identificar las coordenadas de cada *Puya raimondii* observada en el dispositivo GPS manual, marca Garmin. Usando el MED, los histogramas representan una muestra sistemática de la Zona de Estudio.

RESULTADOS

Pendiente, Orientación y Elevación

La Zona de Estudio del Santuario comprende una gama de pendientes entre 0 y 35°, pero más del 50% se miden entre 7 y 14°. La mayoría de las laderas no exceden los 23° (véase la Tabla 3 y la Ilustración 8A). La mayoría de las *Puya raimondii* se encontraron como a mediados de la gama de las pendientes. El 65% de las plantas se observaron entre los grados 6 y 12° (véase la Ilustración 8A). La Zona de Estudio del Santuario abarca una gama de orientaciones entre 0 y 360° (véase la Tabla 3 y la Ilustración 8B). La mayoría de las *Puya raimondii* se encontraron creciendo en las orientaciones limitadas entre 126 y 180° (véase la Ilustración 8B). La Zona de Estudio del Santuario comprende una gama de elevaciones entre 3.489 y 4.263 metros. La mayoría de las elevaciones alcanzan entre 3.720 y 3.950 metros (véase la Tabla 3 y la Ilustración 8C). La mayoría de las *Puya raimondii* crecen en una sección de esas elevaciones limitada entre 3.840 y 3.880 metros (véase la Ilustración 8C).

Tabla 3: Resumen de los datos de pendiente, orientación y elevación para la Zona de Estudio del Santuario.

| Resumen de los datos | Pendiente (°) | Orientación (°) | Elevación (m) |
|----------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Mínima | 0 | 0,00 | 3.489 |
| Máxima | 35 | 360 | 4.263 |
| Promedio | 11 | 221 | 3.817 |

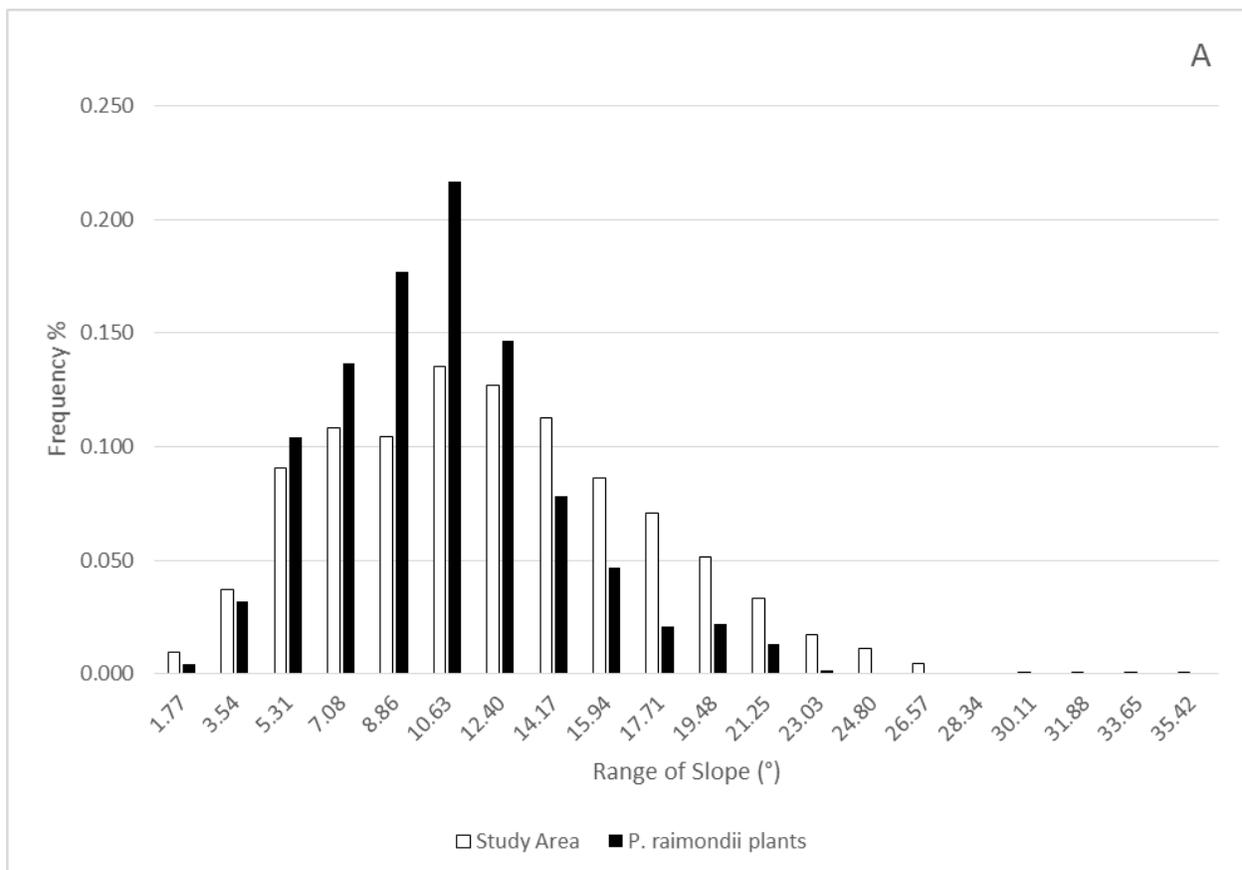


Tabla 8A: Distribuciones de las frecuencias del grado de las pendientes en la Zona de Estudio del Santuario y presencia de las plantas *Puya raimondii*.

(Traducciones: Frequency- Frecuencia, Range of Slope- Grado de la Pendiente, Study Area- Zona de Estudio, plants- plantas, y en todas las cantidades, el “.” equivale a “,”. Es decir: “23.03 = 23,03”)

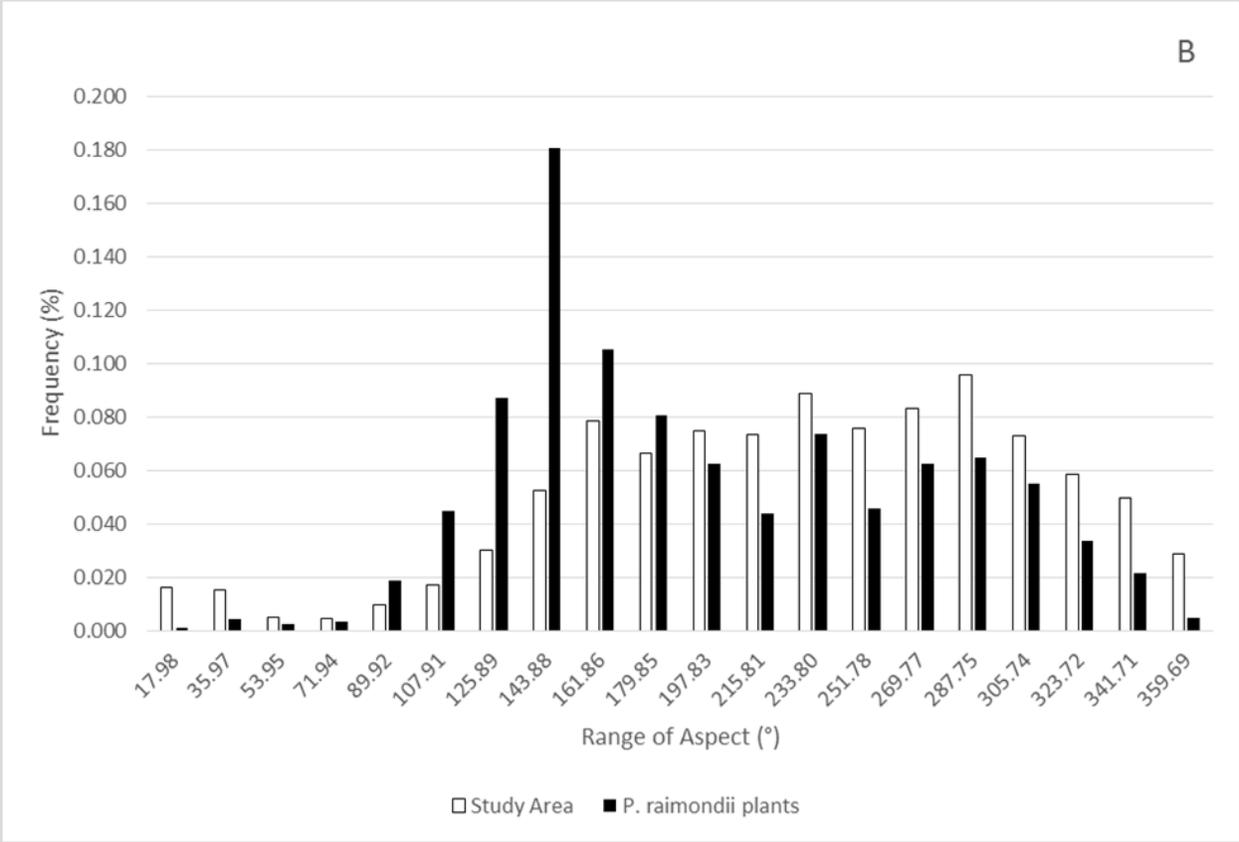


Tabla 8B: Distribución de las frecuencias de las gamas de orientación dentro de la Zona de Estudio del Santuario según la presencia de plantas *Puya raimondii*.

(Traducciones: Frequency- Frecuencia, Range of Aspect- Gama de las Orientaciones, Study Area- Zona de Estudio, plants- plantas, y en todas las cantidades, el “.” equivale a “,”. Es decir: “23.03 = 23,03”).

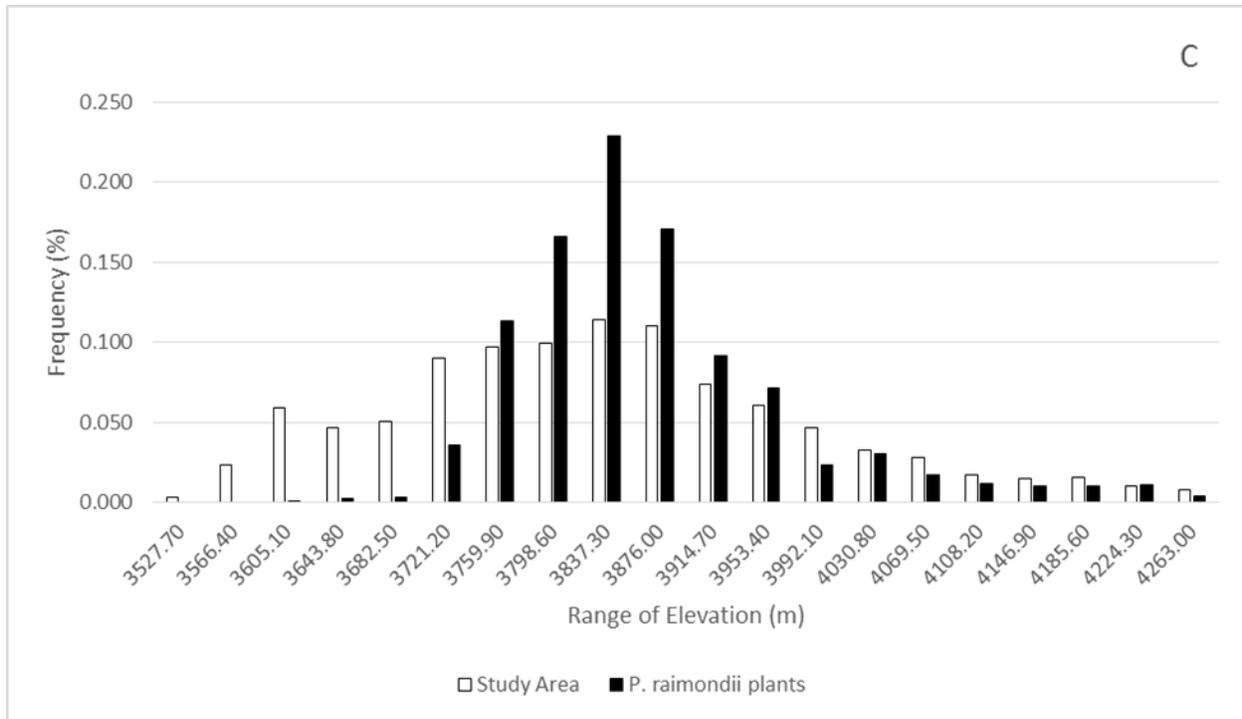


Tabla 8C: Distribución de las frecuencias de las gamas de elevaciones dentro de la Zona de Estudio del Santuario según la presencia de plantas *Puya raimondii*.

(Traducciones: Frequency- Frecuencia, Range of Elevation- Gama de las Elevaciones, Study Area- Zona de Estudio, plants- plantas, y en todas las cantidades, el “.” equivale a “,”. Es decir: “23.03 = 23,03”).

Puya raimondii: Inventario de Plantas

Morfología

De las 55.237* plantas de *Puya raimondii* vivas y muertas registradas en el Santuario Nacional de Calipuy, 24.519 fueron Adultas y 30.718 Juveniles. Las plantas “En Floración” y las “Florecidas” juntas se consideran como un sub-conjunto de las plantas Adultas y se analizarán separadamente. Todos los porcentajes se calcularon basándose en la población total a menos de que se indique al contrario.

Del total de 30.718 plantas Juveniles, 603 (el 2,0%) estaban muertas y de éstas, 189 estaban quemadas (el 31,3% del total de las Juveniles muertas). Además, 201 (el 0,7%) exhibían cierta exposición al fuego pero todavía vivían. La gama del tamaño de Juveniles

observadas resultó: de 0,3 a 5,5 m) y el promedio del tamaño de las plantas Juveniles se calcula a: 0,7 m.

Del total de 24.519 plantas Adultas, 5.953 (el 24,3%) ya estaban muertas con 5.108 de éstas quemadas (el 85,8% del total de las Adultas muertas), mientras que 3.686 (el 15%) exhibieron efectos de exposición al fuego pero todavía vivían. Las plantas que ya habían florecido en años anteriores y por ende ya muertas se sumaron a 1.250 (el 5,1%). La gama de los tamaños de Adultas observadas se midió entre: 1,7 y 6,4 m y el promedio de los tamaños de las plantas se calculó a: 2,5 m.

Durante el inventario realizado en la temporada de floración de 2012, el cual se llevó a cabo en el lado meridional del Santuario, sólo tres plantas fueron registradas como activamente “en Floración.” Pero a través de una conversación en persona averigüé que por lo menos tres otras plantas estaban floreciendo en otras partes del Santuario. De las que observé, sólo una de esas plantas exhibió cierta exposición al fuego, pero todavía estaba floreciendo. Durante el inventario realizado en la temporada de floración de 2013, el cual se llevó a cabo en el lado septentrional del Santuario, 287 plantas fueron registradas como activamente “en Floración.” 138 (el 48%) de estas plantas exhibieron efectos de exposición al fuego pero todavía estaban floreciendo. Durante esta temporada de Floración que dura 5 meses (de junio a octubre), conté 14.202 plantas Adultas vivas, cuya tasa de Floración se calcula a 2,0%. Extrapolando el porcentaje a través de todo el Santuario para la temporada de floración 2013, se calcula que un total de 374* plantas pudieran haber florecido ese año. [*Extrapolando a través de todo el Santuario: 18.570 (total de Adultas vivas en el Santuario) - 14.202 adultas vivas registradas en 2013 = 4.356 (Adultas vivas en el resto del Santuario)* $0,020$ (el 2% la tasa de Floración) = 87 . $87 + 287$ observadas y registradas = 374 plantas en Floración.]

De las 1250 plantas “Florecidas,” 853 estuvieron quemadas. Se podrían haber quemado mientras vivían todavía o después de que murieron ya que permanecen como otro aspecto del paisaje por unos cinco a diez años después de haber florecido y muerto. La gama de los tamaños para las plantas en Floración o las Florecidas se midió: de 1,2 a 7,6 m y el promedio del tamaño para las plantas en Floración o las Florecidas se calculó a: 3.8 m. Los tamaños de la inflorescencia (encima de la planta) variaron entre 1,2 y 8,8 m para las plantas en Floración o

las Florecidas. El promedio del tamaño se calculó a: 5,1 m (véase las Tablas 4 A-C). El promedio del tamaño de la inflorescencia resultó el más largo entre las elevaciones de 3.900 a 4.099 m (con un promedio de tamaño entre 5,3 m y 5,4 m). Sin embargo no se notó mucha diferencia con las plantas en las otras elevaciones (véase la Tabla 4C). El promedio del tamaño de la inflorescencia resultó más largo en las orientaciones NO y O a 5,5 m y 5,4 m (véase la Tabla 4B).

Tabla 4A: Distribución de los tamaños de la inflorescencia (m) según las Clases de Pendientes en la Zona de Estudio del Santuario.

| Pendiente (°) | | | |
|---|-------------|--------------|-----------------|
| | Baja | Media | Empinada |
| Promedio del tamaño de las Inflor. (m) | 5,0 | 5,1 | 4,7 |
| Cantidad de Inflor. observadas | 147 | 716 | 68 |
| Gama del tamaño de las Inflor. (m) | 1,5 - 7,3 | 1,2 - 8,8 | 2,4 - 7,9 |

Tabla 4B: Distribución de los tamaños de las inflorescencias (m) según las Clases de Orientación en la Zona de Estudio del Santuario.

| Orientación | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
| Promedio de los tamaños de las Infl. (m) | 5,0 | 4,6 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 4,8 | 5,4 | 5,5 |
| Cantidad de Infl. registradas | 13 | 12 | 45 | 268 | 167 | 119 | 176 | 131 |
| Gama de los tamaños de las Infl. (m) | 2,6 - 8,8 | 2,4 - 6,1 | 3,4 - 6,4 | 1,5 - 7,9 | 1,5 - 7,3 | 1,2 - 7,3 | 1,8 - 8,1 | 2,4 - 7,3 |

Tabla 4C: Distribución de los tamaños de las inflorescencias (m) según las Clases de Elevación en la Zona de Estudio del Santuario.

| Elevación(m) | | | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | A (3400 - 3599) | B (3600 - 3699) | C (3700 - 3799) | D (3800 - 3899) | E (3900 - 3999) | F (4000 - 4099) | G (4100 - 4199) | H (4200 - 4299) |
| Promedio de los Tamaños de las Infl. (m) | 0 | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 5,3 | 5,4 | 4,6 | 4,3 |
| Cantidad de Infl. registradas | 0 | 4 | 185 | 437 | 196 | 69 | 28 | 12 |
| Gama de los tamaños de las Infl. (m) | 0 | 2,3 - 4,7 | 1,5 - 7,0 | 1,2 - 8,1 | 2,7 - 7,9 | 1,8 - 8,8 | 2,4 - 7,3 | 2,4 - 5,5 |

Las plantas quemadas se observaron esparcidas por toda la población de plantas de *Puya raimondii* a través del Santuario. Las quemadas que crecieron cerca de habitaciones humanas forman la misma proporción entre la población en general que las mismas a través de todo el Santuario. Véase la Ilustración 9 para averiguar la distribución de las plantas y la de los caseríos a través del Santuario. Lo que no se indican en el mapa son las fincas familiares de propiedad privada que cubren toda el área en la Zona de Amortiguamiento del Santuario de un muro límite a otro.

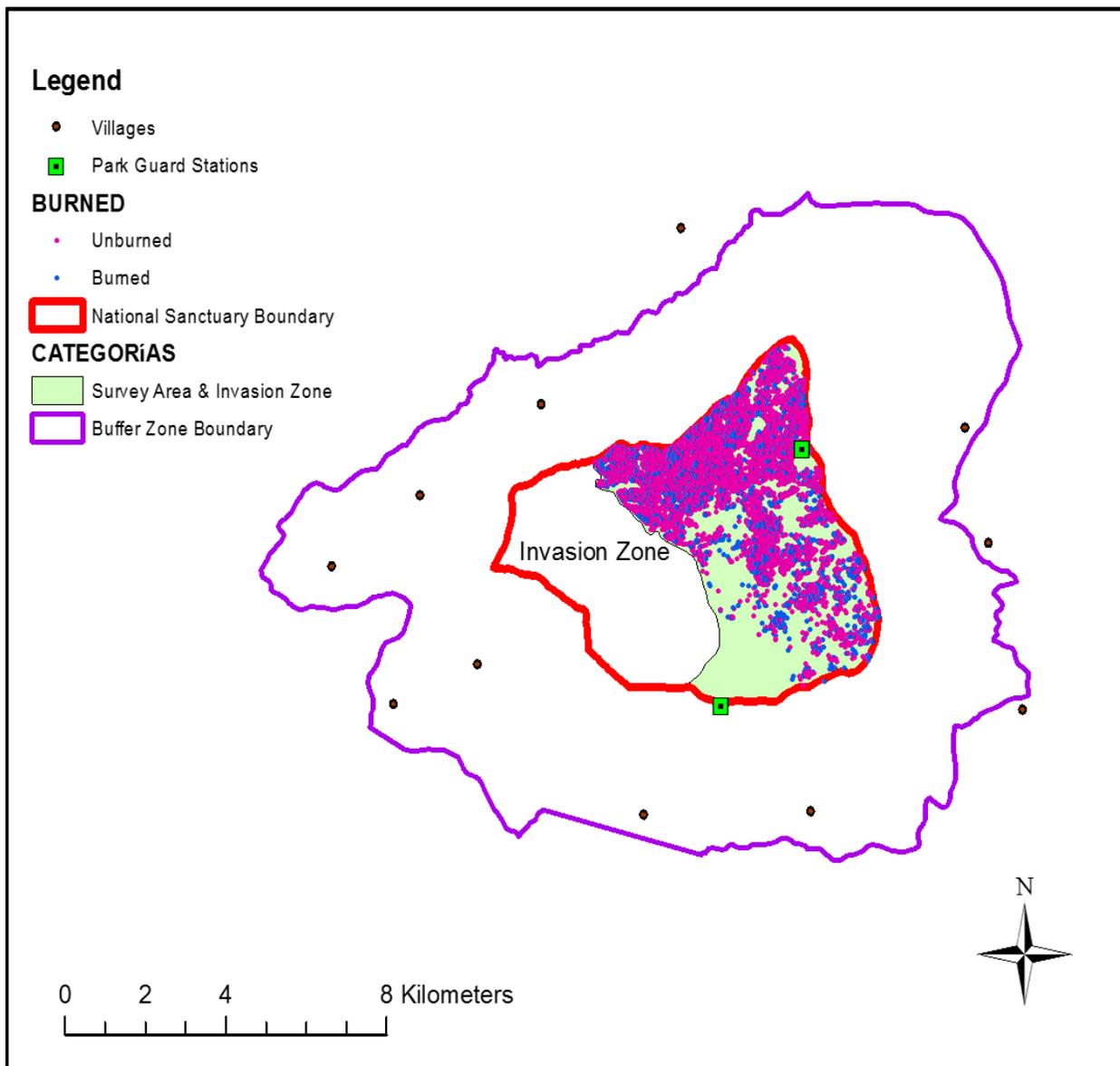


Ilustración 9: Mapa de la distribución de las plantas de *Puya raimondii* quemadas, observadas a través de la Zona de Estudio del Santuario en relación con los centros poblados cercanos.

(Traducciones: Villages- Caseríos, Park Guard Stations- Puestos de los Guardaparques, UnBurned- No Quemada, Burned- Quemada, National Sanctuary Boundary- Límite del Santuario Nacional, Survey Area- Zona de Estudio, Buffer Zone Boundary- Límite de la Zona de Amortiguamiento, Invasion Zone- Zona de Invasión, Kilometers- Kilómetros).

Típos de Hábitat

Ya que no se estudiaron todos los tipos de hábitat, los datos correspondientes a las secciones no observadas se derivaron del porcentaje de la población de plantas en vez de la cantidad de plantas por hectárea. Los tres hábitats que sostienen el mayor porcentaje de la población de las *Puya raimondii* incluyen: el Suelo Rocoso Ladera Media (43%), el Afloramiento Rocoso Ladera Media (27%) y la Hierba Ichu Ladera Media (14%). Véase la Tabla 5 a continuación para consultar un desglose completo de las plantas según los tipos de hábitat.

Tabla 5: Cantidad total y porcentaje (%) de la población de *Puya raimondii* por morfología según los tipos de hábitat. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

| | Juvenil | | Adulta | | En Floración* | | Florecida* | |
|--|---------|--------|--------|--------|---------------|--------|------------|--------|
| | Total | % Pob. | Total | % Pob. | Total | % Pob. | Total | % Pob. |
| Roca | 162 | 0,5% | 7 | <0% | 0 | 0% | 1 | <0% |
| Roca Fondo del Valle | 1 | <0% | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| Afloramiento Rocoso Fondo del Valle | 31 | 0,1% | 30 | 0,1% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| Afloramiento Rocoso Pie de la Pendiente | 22 | 0,1% | 19 | 0,1% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| Afloramiento Rocoso Cauce de Arroyo | 3 | <0% | 3 | <0% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| Afloramiento Rocoso Ladera Media | 10.125 | 33% | 5975 | 26% | 53 | 18,5% | 343 | 27% |
| Afloramiento Rocoso Ladera Empinada | 2293 | 7,5% | 1240 | 5% | 4 | 1% | 94 | 7,5% |
| Afloramiento Rocoso Cumbre | 267 | 0,9% | 271 | 1% | 0 | 0% | 25 | 2% |
| Suelo Rocoso Fondo del Valle | 4 | <0% | 28 | 0,1% | 0 | 0% | 1 | <0% |
| Suelo Rocoso al Pie de la Ladera | 22 | <0% | 39 | 0,2% | 0 | 0% | 4 | 0,3% |
| Suelo Rocoso Cauce de Arroyo | 40 | 0,1% | 63 | 0,3% | 0 | 0% | 7 | 0,6% |

| | | | | | | | | |
|--|--------|------|--------|-------|-----|------|-----|-----|
| Suelo Rocoso Ladera Media | 11.891 | 39% | 10.784 | 47% | 168 | 59% | 541 | 43% |
| Suelo Rocosa Ladera Empinada | 1301 | 4% | 940 | 4% | 1 | 0,3% | 54 | 4% |
| Suelo Rocoso Cumbre | 89 | 0,3% | 182 | 0,8% | 1 | 0,3% | 17 | 1% |
| Hierba Ichu Ribera | 11 | <0% | 23 | 0,1% | 0 | 0% | 1 | <0% |
| Hierba Ichu Ladera Media | 4415 | 14% | 3344 | 14,5% | 60 | 21% | 164 | 13% |
| Hierba Ichu Ladera Empinada | 37 | 0,1% | 28 | 0,1% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| Suelo Mojado y/o Zona de Desagüe Ladera Media | 4 | <0% | 2 | <0% | 0 | 0% | 0 | 0% |

Pendiente, Orientación, y Elevación

A través de todas las Clases de Pendientes, las plantas Juveniles, Adultas, en Floración y Florecidas forman un mayor porcentaje de plantas/ha en las laderas medias (el 75% de la población) que en las laderas bajas (de 19 a 20% de la población). (Véase la Tabla 6 y la Ilustración 10).

Tabla 6: Distribución por clase de pendiente de *Puya raimondii* en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

| Pendiente (°) | | Juveniles | | | Adultas | | | En Floración y Florecidas* | | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|
| Clase | Total ha/ % Zona | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) |
| Baja (0-5,99°) | 504 ha/ 18% | 11,6/ 19% | 4,5 | 0-5,99 | 9/ 20% | 4,5 | 0-5,99 | 0,6/ 19% | 4,5 | 0-5,99 |
| Media (6-15,99°) | 1740 ha/ 63% | 13/ 75% | 10,0 | 6,0- 15,99 | 10/ 75% | 10 | 6,0- 15,99 | 0,7/ 75% | 10 | 6,0- 15,99 |
| Empinada (16-25°) | 520 ha/ 19% | 3,6/ 6% | 18,5 | 16-25 | 2/ 5% | 18 | 16-25 | 0,2 6% | 18,6 | 16-23 |

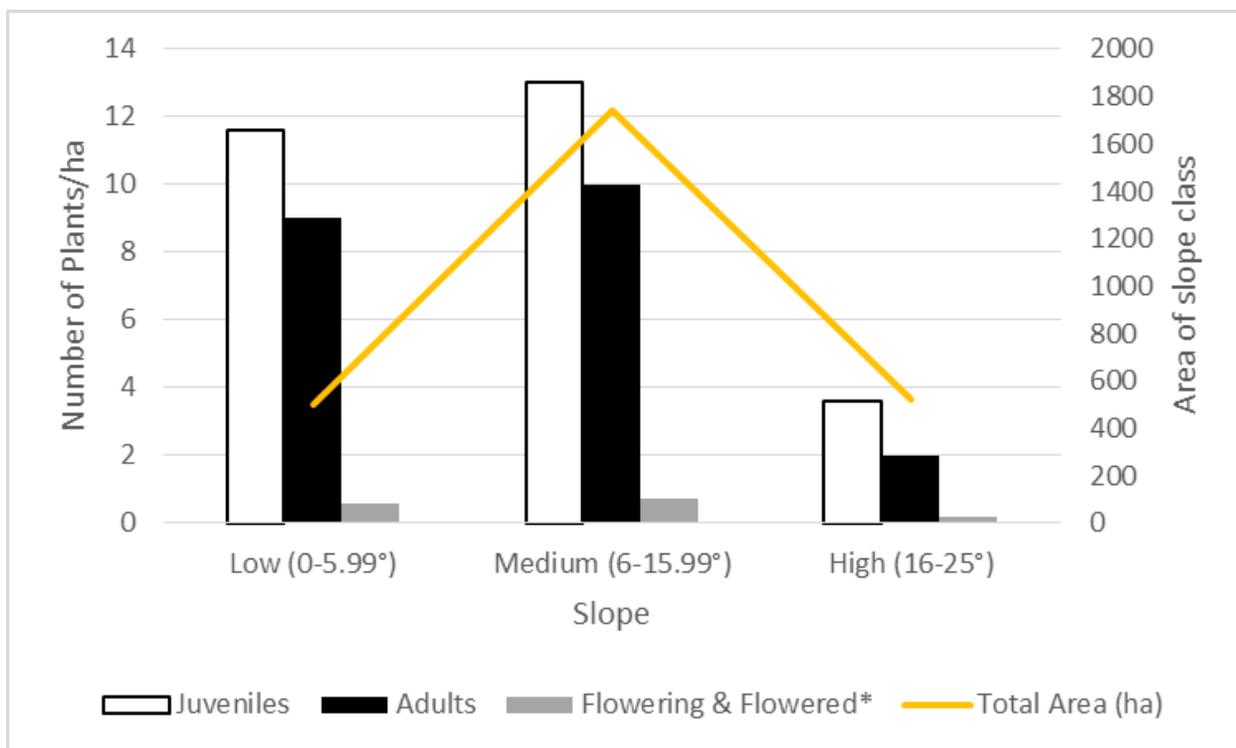


Ilustración 10: La cantidad de plantas *Puya raimondii*/ha en cada clase de pendiente y área total de cada clase de pendiente en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

(Traducciones: Number of Plants/ha- Cantidad de Plantas/hectárea; Low (0-5.99°)- Baja (0-5,99°); Medium (6-15.99°)- Media (6-15,99°); High- Empinada; Slope- Pendiente; Area of slope class- El área de la Clase de Pendiente; Juveniles- Juveniles; Adults- Adultas; Flowering & Flowered- En Floración y Florecidas; Total Area- Área total).

A través de todas las orientaciones, las plantas Juveniles, Adultas, en Floración y Florecidas exhiben una preferencia significativa por las orientaciones hacia el oeste (de 54 a 60% de la población) en vez de las orientaciones hacia el este y sureste (de 11 a 16% de la población) (véase la Tabla 7 e Ilustración 11). Parece importante que las plantas prefieran las orientaciones hacia el occidente pero esta clase de orientación sólo se manifiesta en el 2% de la Zona de Estudio del Santuario (véase la Tabla 7). Esto podría deberse a que el 65% de la orientación occidental abarca elevaciones desde 3.700 a 3.999 metros (Clases C, D, y E) (véase la Ilustración 12) que son, por la mayoría, las elevaciones preferidas de la *Puya raimondii*, pero también la misma cubre solamente el 5% de las elevaciones desde 4.200 hasta 4.299 metros

(Grupo H) (véase la Ilustración 12). Además resulta ser la elevación preferida por el 15 al 21% de las *Puya raimondii* (véase la Tabla 8). La orientación oeste también abarca más del 74% de las laderas medias y las bajas (véase la Ilustración 13). Ésas son las laderas más preferidas por el 89% de la *Puya raimondii* (véase la Tabla 6). No surgió ningún sesgo de muestreo entre la pendiente y la elevación ya que comparé las orientaciones occidentales con sus dos orientaciones contiguas: la suroeste y la noroeste.

Tabla 7: Distribución de *Puya raimondii* por clase de orientación en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

| Orientación (°) | | Juveniles | | | Adultas | | | En Floración y Florecidas* | | |
|--------------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------|-----------------------|-------------------|----------|----------------------------|-------------------|----------|
| Clase | Total ha/ % Área | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (°) | Gama (°) |
| N (337,6-22,59°) | 167 ha/ 6% | 2,4/ 1% | 9/ 345 | 338-21 | 1,3/ 1% | 9/ 350 | 338-22 | 0,1/ 1% | 8/ 348 | 339-21 |
| NE (22,6-67,59°) | 54 ha/ 2% | 5/ 2,5% | 43 | 24-65 | 4/ 3% | 43 | 26-65 | 0,4/ 4% | 45,5 | 28,6-65 |
| E (67,6-112,9°) | 95 ha/ 3% | 27/ 15% | 98 | 68-112 | 22,5/ 16% | 99 | 68-112 | 1/ 11% | 97 | 68-112 |
| SE (112,6-157,59°) | 376 ha/ 13,5% | 27/ 15% | 136 | 113-158 | 20/ 14% | 135,5 | 113-158 | 1/ 12% | 136,5 | 113-158 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|------------|-----|-----------------|--------------|-------|---------------|------------|-------|---------------|
| S (157,6- 202,59°) | 513 ha/ 18,5% | 10/ 6% | 178 | 158- 202,5 | 8/ 6% | 177 | 159- 202,5 | 0,6/ 6% | 176,5 | 158,6- 202 |
| SO (202,6- 247,59°) | 553 ha/ 20% | 8/ 5% | 226 | 202,6- 247,5 | 6/ 4% | 225 | 203- 247,5 | 0,4/ 4% | 228 | 203- 246 |
| O (247,6- 292,59°) | 46 ha/ 2% | 97/ 54% | 271 | 248- 292 | 73,5/ 54% | 271,5 | 248- 292 | 6/ 60% | 273 | 248- 291 |
| NO (292,6- 337,59°) | 961 ha/ 35% | 3/ 1,5% | 310 | 292,6- 337 | 2/ 2% | 310 | 292,6- 337 | 0,2/ 2% | 312 | 293- 337 |

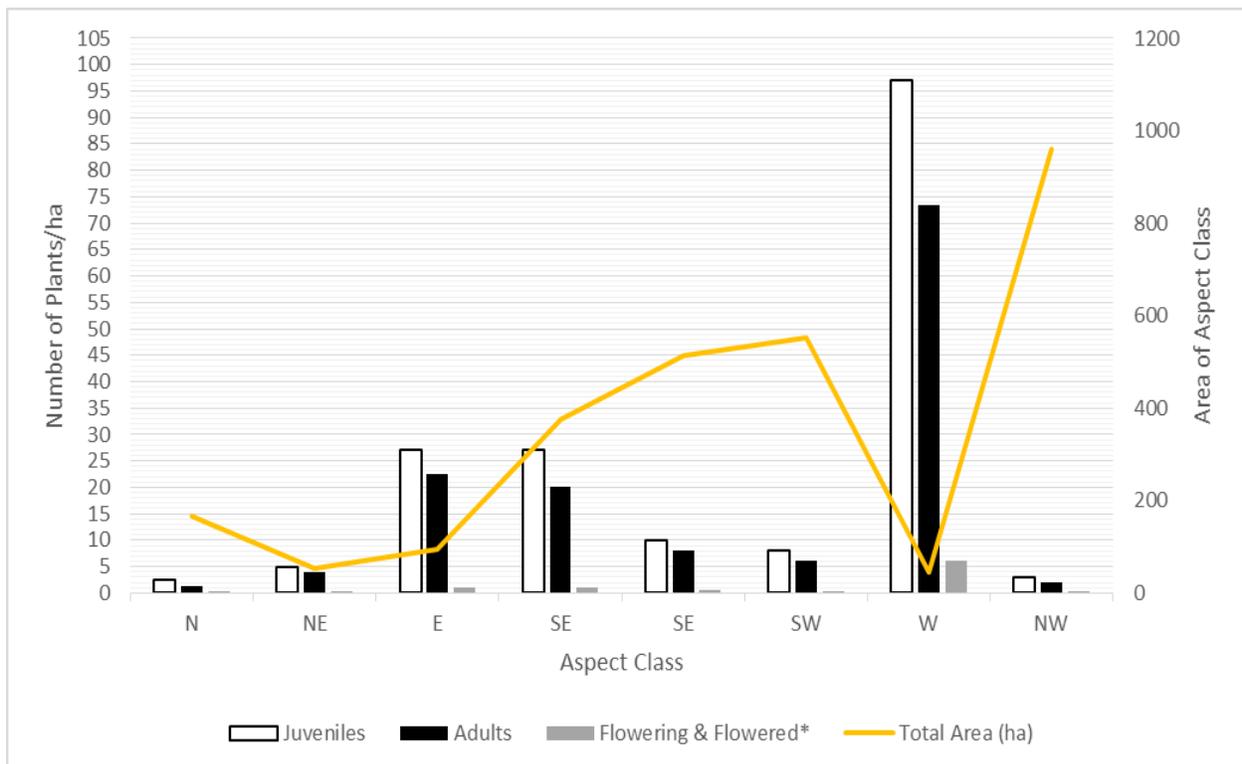


Ilustración 11: La cantidad de *Puya raimondii*/ha en cada clase de orientación y área total de cada clase de orientación en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

(Traducciones: Number of Plants/ha- Cantidad de Plantas/hectárea, SW- Suroeste, W- Oeste, NW- Noroeste, Aspect Class- Clase de Orientación, Area of aspect class- El área de la clase de orientación, Juveniles- Juveniles, Adults- Adultas, Flowering & Flowered- En Floración y Florecidas, Total Area- Área Total).

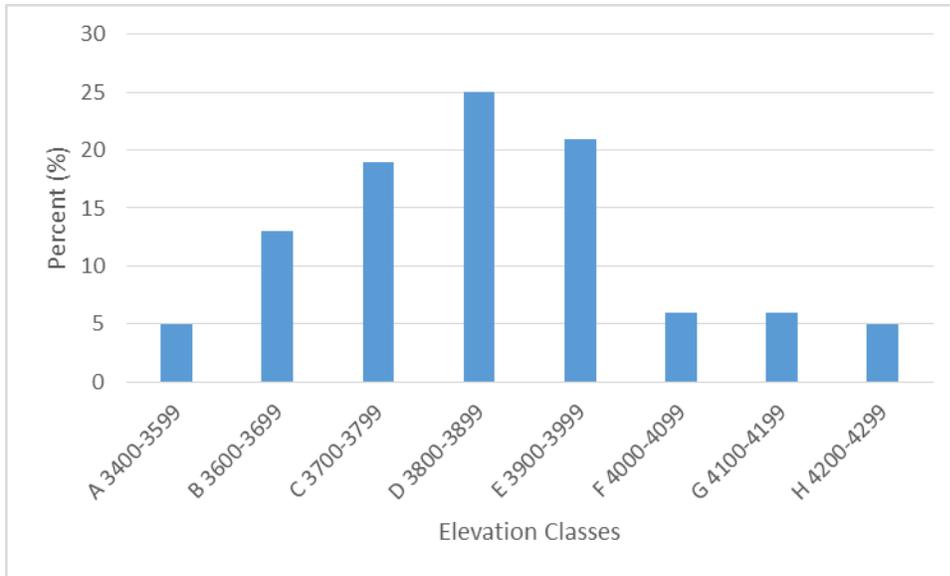


Ilustración 12: Porcentajes de Clases de Elevación en la orientación oeste.

(Traducciones: Percent- Porcentaje, Elevation Classes- Clases de Elevaciones).

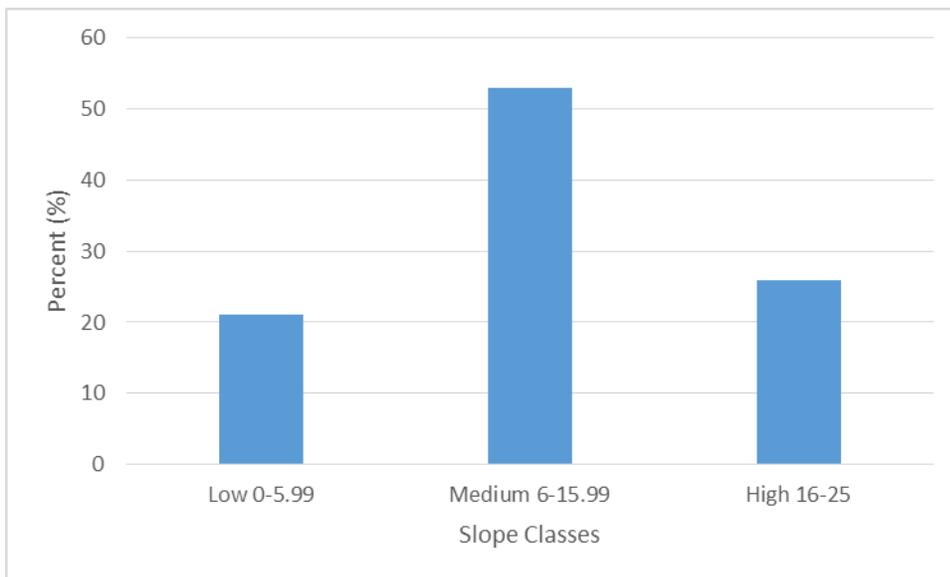


Ilustración 13: Porcentajes de Clases de Pendientes en la orientación oeste.

(Traducciones: Percent- Porcentaje; Low 0-5.99- Baja de 0 a 5,99; Medium 6-15.99- Media de 6 a 15,99; High- Empinada, Slope Classes- Clases de Pendientes).

A través de todas las Clases de Elevación, las plantas Juveniles, Adultas, en Floración y las Florecidas exhiben una población más representativa en la clase D (el 27% de la población) pero la clase D también cubre el 26% del área en la Zona de Estudio del Santuario. La clase H

sólo abarca el 1% del área en la Zona de Estudio del Santuario, pero cuenta con 15 a 21% de la población de *Puya raimondii*. La clase H sólo cubre el 4% en la Zona de Estudio de Santuario sin embargo sostiene del 7 al 11,5% de la población de *Puya raimondii*. La clase F sólo cubre el 7% de la Zona de Estudio del Santuario pero contiene el 12% de la población de *Puya raimondii* (véase la Tabla 8 y la Ilustración 14). Así que la *Puya raimondii* parece preferir las elevaciones más extremas en la Zona de Estudio del Santuario (Las Clases F, G, H). Esto podría ser debido a que la incidencia de distribución total de la población se encuentra de 3.000 a 4.800 m (con el término medio de 3.900 m).

Tabla 8: La distribución de la *Puya raimondii* según la clase de elevación en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

| Elevación (m) | | Juveniles | | | Adultas | | | En Floración y Florecidas* | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Clase | Total ha/ % Área | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (m) | Gama de la distribución (m) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (m) | Gama de la distribución (m) | Plantas por ha/ % Pob | Término Medio (m) | Gama de la distribución (m) |
| A (3400- 3599 m) | 207 ha/ 7,5% | 0,03/ 0,04% | 3574 | 3529- 3599 | 0,1/ 0,2% | 3572 | 3416- 3599 | 0,005/ 0,1% | 3592 | 3592 (1) |
| B (3600- 3699 m) | 391 ha/ 14,3% | 0,70/ 0,90% | 3672 | 3601- 3699 | 0,7/ 1,3% | 3671 | 3600- 3699 | 0,02/ 0,5% | 3672 | 3629- 3698 |
| C (3700- 3799 m) | 710 ha/ 25,7% | 11,4/ 14% | 3760 | 3700- 3799 | 8/ 16% | 3764 | 3700- 3799 | 0,5/ 12% | 3769 | 3700- 3799 |
| D (3800- 3899 m) | 728 ha/ 26,3% | 20/ 25% | 3845 | 3800- 3899 | 15/ 29% | 3847 | 3800- 3899 | 1/ 25% | 3846 | 3800- 3899 |
| E (3900- 3999 m) | 396 ha/ 14,3% | 12/ 15% | 3940 | 3900- 3999 | 10/ 19% | 3937 | 3900- 3999 | 0,8/ 21% | 3940 | 3900- 3997 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|-------------|------|---------------|-----------|------|---------------|-------------|------|---------------|
| F (4000- 4099 m) | 185.5 ha/ 6,7% | 10/ 12% | 4041 | 4000- 4099 | 6/ 12% | 4039 | 4000- 4099 | 0,6/ 15% | 4038 | 4000- 4097 |
| G (4100- 4199 m) | 106 ha/ 3,8% | 9/ 11,5% | 4150 | 4100- 4199 | 4/ 7% | 4150 | 4100- 4199 | 0,3/ 8% | 4149 | 4102- 4197 |
| H (4200- 4299 m) | 39 ha/ 1,4% | 16/ 21% | 4236 | 4200- 4279 | 8/ 15% | 4233 | 4200- 4279 | 0,7/ 18% | 4240 | 4200- 4275 |

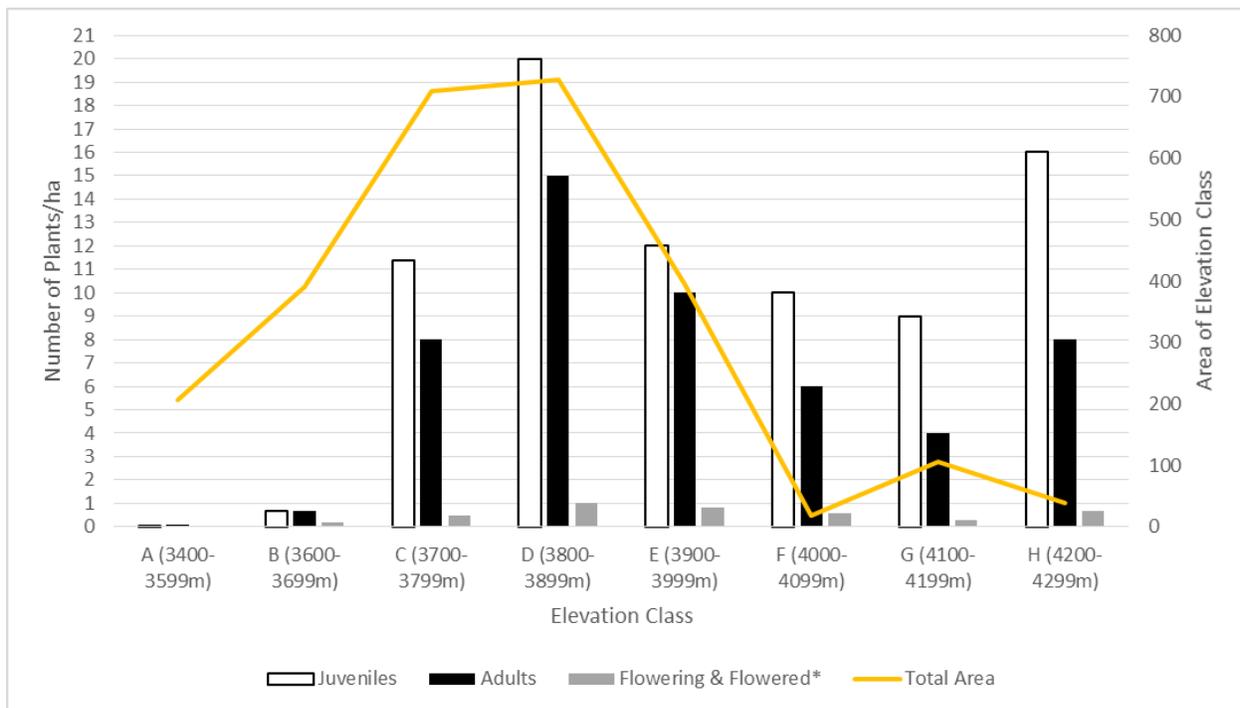


Ilustración 14: La cantidad de *Puya raimondii*/ha según la clase de elevación y el área total de cada clase de elevación en la Zona de Estudio del Santuario. *Las plantas en Floración y las Florecidas se consideran como un subconjunto de las Plantas Adultas.

(Traducciones: Number of Plants/ha- La Cantidad de Plantas/ha, Elevation Class- Clases de Elevación, Juveniles- Juveniles, Adults- Adultas, Flowering & Flowered-En Floración y Florecidas, Total Area- Área Total, Area of Elevation Classes- Área de la Clase de Elevación).

Hongo

El hongo negro observado durante el inventario sólo se notó en 22 plantas de *Puya raimondii* dentro de una zona muy específica.

Daño por insectos

En cuanto a los daños por insectos, el total de 5.292 plantas estudiadas (el 9,6%) se notaron afectadas hasta cierto punto y 1.071 de ellas (el 20,2%) fueron dañadas “significativamente.” Desglosando los datos, esto significa que 3.982 (el 12,9%) plantas Juveniles fueron afectadas hasta cierto grado y 972 (el 24,4%) de ellas fueron dañadas

“significativamente” es decir el 3,2% de todas las plantas Juveniles en el Santuario. Respecto a las plantas Adultas, 1.310 (el 5,4%) exhibieron daño por insectos hasta cierto grado y 99 (el 7,6%) de éstas fueron dañadas “significativamente” es decir el 0,2% de todas las plantas Adultas en el Santuario. Solamente tres plantas en Floración en todo el Santuario fueron observadas exhibiendo cierto grado de daño por insectos y 0 de éstas fueron dañadas “significativamente.” La extensión del daño por insectos en las plantas Adultas que registré pudo haberse calculado a menos de lo verdadero. Ya que la planta me sobrepasa de tamaño, pude haber omitido daños que ocurrieron fuera de mi vista. En toda la población de *Puya raimondii*, 148 (el 3,5%) plantas que fueron afectadas hasta cierto punto debido a daño por insectos también habían sido quemadas. 41 de todas las plantas que fueron afectadas “significativamente” por insectos también se habían quemado (el 3,8%). Así que las plantas debilitadas por la quema no parecen resultar más susceptibles al daño por insectos.

No se manifiestan diferencias significativas entre la cantidad de plantas/ha y las dañadas por insectos/ha a través de las Clases de Pendientes o las de Orientaciones. Se notó una diferencia entre la cantidad de plantas/ha y las plantas dañadas por insectos/ha en las Clases de Elevación. Las plantas dañadas por insectos no se cuentan en cantidades grandes en las altitudes más extremas (Clase H: 4.200-4.299m) tal vez debido a la intemperie de congelación (véase las Ilustraciones 14 y 15).

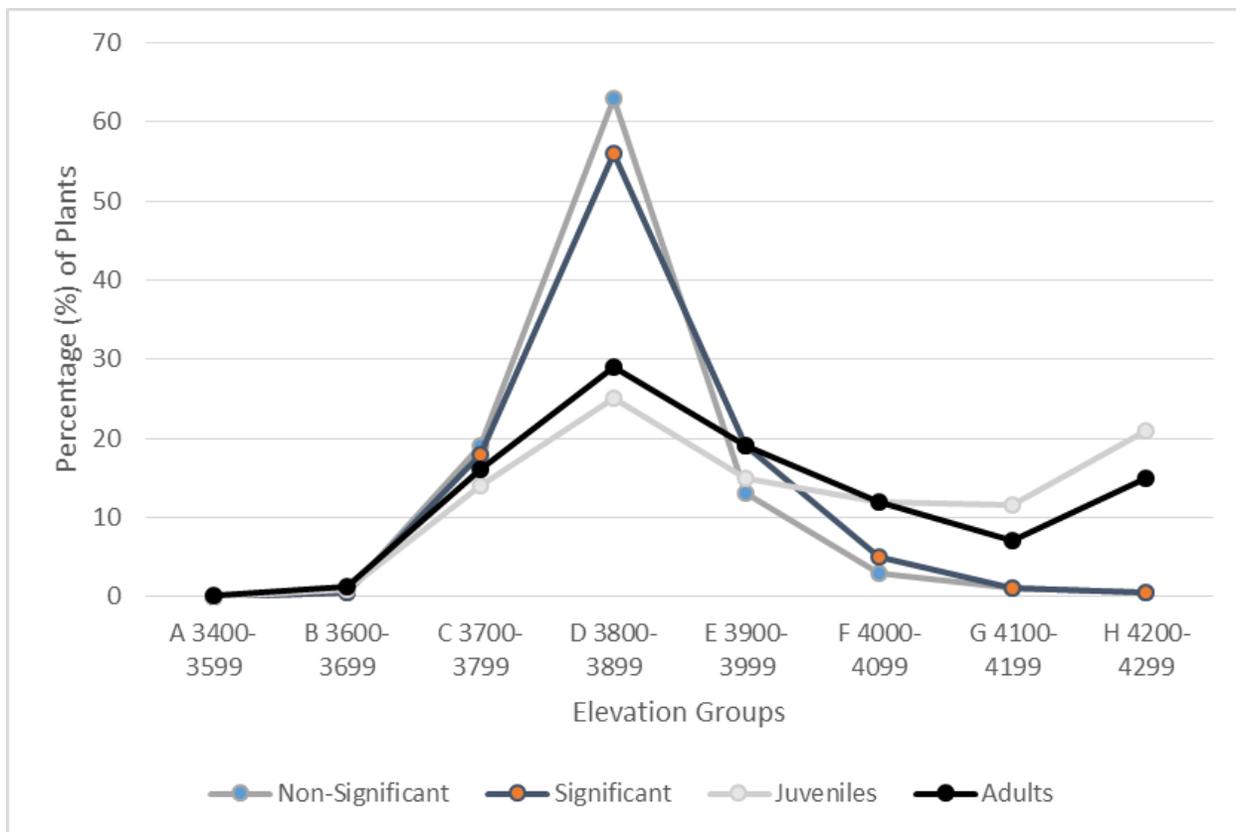


Ilustración 15: Porcentaje de plantas *Puya raimondii* con daño por insectos (no significativo y significativo) en comparación con plantas Juveniles y Adultas a través de las Clases de Elevación. (Traducciones: Percentage of Plants/ha- Porcentaje de las Plantas/ha, Elevation Groups- Clases de Elevación, Non-Significant- No Significativo, Significant- Significativo, Juveniles- Juveniles, Adults- Adultas).

Presencia de nidos de aves

Se observaron dos tipos de nidos de aves: orificios en el tallo florido de las plantas y nidos hechos de palitos y sujetos en las hojas de las plantas. En total, 1.011 nidos de aves u orificios fueron observados en 905 plantas. Los nidos de aves se notaron en 20 plantas Juveniles y algunas de éstas hospedaban varios nidos (entre dos y cinco nidos por planta). Los nidos de aves se observaron en 754 plantas Adultas (excluyendo las plantas en Floración y las Florecidas), 67 de estas plantas albergaban varios nidos y 44 de estos nidos fueron observados en plantas muertas. Nidos de aves se observaron en 36 de 287 (el 12,5%) plantas en Floración durante el estudio y cuatro de ellas sostenían más de un nido. Los nidos de aves se observaron en 95 de las 1.250 plantas Florecidas durante el estudio y 14 de ellas sostenían varios nidos. Las

plantas Juveniles sólo alcanzaron el 2,2% del total de las plantas con nidos de aves, mientras que las plantas Adultas (excluyendo plantas en Floración y las Florecidas) alcanzaron el 83% del total de las plantas con nidos de aves. De las plantas en Floración las con nidos de aves alcanzaron el 4% del total. Entre todas las plantas Florecidas el 10,5% sostenían nidos de aves. (Véase la lista de aves identificadas en los Apéndices).

DISCURSO

La población de *Puya raimondii* que sobrevive en el Santuario Nacional de Calipuy sirve como ejemplo de la situación actual en toda la región. Hoy día, esas plantas siguen en peligro a lo largo de la Cordillera de los Andes en Perú y Bolivia. Los seres humanos y el impacto que producen con el fuego, el desarrollo agropecuario y el uso de la planta como material de construcción constituyen el peligro más inmediato que enfrenta la *Puya raimondii*. Otras amenazas dignas de considerarse incluyen la limitada diversidad genética y el cambio climático. Desde 2001, el gobierno nacional peruano ha logrado avances significativos en el cuidado y la preservación de estas plantas en el Santuario Nacional de Calipuy. Seis Guardaparques viven en el Santuario todo el tiempo y realizan actividades de vigilancia rutinariamente en todo su territorio. Además, los funcionarios celebran eventos educativos periódicamente para las poblaciones cercanas. Tanto el SERNANP peruano como los funcionarios contratados han elaborado numerosas evaluaciones del Santuario. Realizaron las evaluaciones de la Zona de Invasión por medio de registrar datos para que sirvieran como línea base de la flora y las aves. Además se encargaron de evaluar las tierras pantanosas, los manantiales y los canales acuíferos. Desde 2006 el pastoreo a campo abierto se ha prohibido en el Santuario. Además, ese estudio sirve para establecer datos de base para comparar y realizar un seguimiento de los cambios en la población de la *Puya raimondii* a medida de que pase el tiempo. Por fin, el estudio representa el primer paso hacia un plan de monitoreo continuo de las plantas en peligro de extinción en el Santuario.

¿En qué sitios del Santuario prefiere crecer la *Puya raimondii*?

La densidad de la población de la *Puya raimondii* es mayor en el lado norte del Santuario. Esto no parece estar relacionado con la distancia a las poblaciones humanas, así que, ¿a cuáles factores del entorno físico están respondiendo las plantas?

Desafortunadamente sólo podemos suponer la conclusión, aún bien razonada, cuando analizamos nuestros datos preliminares comparando los lados norte y sur del Santuario. Tras una conversación en persona averigüé que el lado norte podría ser más lluvioso. Observé más hábitats de Hierba Ichu en el lado septentrional, lo que podría servir como indicador de suelos más ricos en nutrientes. El lado meridional parece contener laderas más empinadas que forman la Clase de Pendiente menos preferida de la *Puya raimondii*.

Sin embargo podemos sugerir algunas predicciones respecto a las reacciones de la *Puya raimondii* hacia su entorno según las diferentes pendientes, orientaciones, elevaciones y los hábitats comprendidos en el Santuario:

(1) Al comparar la cantidad de plantas/hectárea según la pendiente, se nota que la *Puya raimondii* prefiere las laderas Medias (de 6 a 15,99°), que constituyen el 63% del área del Santuario. Las prefiere sólo un poquito más que a las laderas Bajas (de 0 a 5,99°) que constituyen el 18% del área del Santuario (véase la Tabla 5). Las laderas Empinadas (de 16 a 25°) cubren un área casi tan extensa como la de las laderas Bajas (al 19%), pero sólo el 6% de la población de *Puya raimondii* las prefiere, mientras que el 19% de la población prefiere las laderas Bajas (véase la Tabla 6 y la Ilustración 9). Atribuyo las diferencias a ciertos factores menos erosivos que afectan los suelos y las semillas en esas clases de pendientes menos pronunciadas, a la expansión de suelo más grueso, y por ende más disponibilidad de nutrientes y de agua.

(2) Al comparar la cantidad de plantas/hectárea según la orientación, la *Puya raimondii* prefiere orientaciones hacia el oeste. Sólo el 2% del área en el Santuario se orienta hacia esa dirección (véase la Tabla 7 y la Ilustración 11). ¿Cómo se explica? Posiblemente porque el 65% de la orientación hacia el oeste comprende elevaciones de 3.700 a 3.999 metros, que son las preferidas de las plantas de *Puya raimondii* (véase la Ilustración 12). Más del 50% comprendido en la orientación oeste está cubierta de pendientes Medias que son las más preferidas de las

plantas *Puya raimondii* (véase la Ilustración 13). No sé por qué no encontramos más plantas en las orientaciones contiguas: las suroeste y noroeste.

(3) Al comparar la cantidad de plantas/hectárea según la elevación, la planta *Puya raimondii* parece preferir las elevaciones entre 3.700 y 3.999 m lo que constituye el 66% del área del Santuario (véase la Tabla 8 y la Ilustración 12). Pero cubriendo sólo el 1,4% del área del Santuario, la Clase de Elevación H sostiene del 15 al 21% de la población de *Puya raimondii*. Las Clases de Elevación F y G cubren un porcentaje casi tan limitado del área total junto con un porcentaje elevado de la población de *Puya raimondii*. Así que las elevaciones más extremas en la Zona de Estudio del Santuario son en realidad las más preferidas, debido a que por lo regular la planta se extiende de 3.000 a 4.800 m (con término medio de 3.900 m). La situación podría haberse formado tras la cría de ganado y las quemadas que se efectuaron en las elevaciones más bajas del Santuario. También se debe considerar la competencia que presentan las poblaciones densas en las tierras pantanosas y las poblaciones de gramínoideas en las elevaciones más bajas del Santuario donde yacen suelos más ricos en nutrientes. No observamos más plantas en las Clases de Elevación más extremas simplemente porque poco se encuentra este tipo de topografía.

(4) Al comparar el porcentaje de todos los tipos morfológicos de las plantas de *Puya raimondii* según los tipos de hábitat, las mismas prefieren un Suelo Rocoso (el 43%) en vez de Afloramientos Rocosos (el 27%) y suelos con Hierba Ichu (el 14%), pero estos porcentajes se registran en las laderas medias (véase la Tabla 5). Esos hábitats claramente son “los preferidos” tanto como son las pendientes ya que el próximo porcentaje más elevado de plantas en el hábitat Afloramiento Rocoso Cumbre sólo comprende el 1,2% de la población entera.

En la Zona de Estudio del Santuario, la planta prefiere laderas Medias, la orientación oeste, las elevaciones más altas que se disponen, y los suelos rocosos.

¿Dónde en el Santuario se manifiesta la reproducción más exitosa y a qué se debe?

El tamaño de la inflorescencia de la *Puya raimondii* puede considerarse como una medida de éxito reproductivo ya que una inflorescencia más alta puede sostener más flores y por ende más semillas y polen. Los tamaños de las inflorescencias fueron registrados en 931 plantas durante el inventario de la planta. Podemos predecir el éxito reproductivo de la *Puya raimondii* a través de las diferentes pendientes, orientaciones, elevaciones y de los hábitats observados en el Santuario (véase las Tablas 4A-C):

(1) Al comparar el promedio del tamaño de la inflorescencia de *Puya raimondii* entre las plantas quemadas y las no quemadas, las cantidades resultan casi iguales: 5,095 m en las plantas no quemadas y 5,087 m en las quemadas. Así que la quema no parece afectar el tamaño de la inflorescencia, un resultado sorprendente.

(2) Al comparar el promedio de los tamaños de la inflorescencia de *Puya raimondii* según la elevación (véase la Ilustración 8), las más grandes (a 5,4 m de largo) se notaron entre 4.000 y 4.099 metros de elevación. Entre 3.900 y 3.999 metros de elevación el resultado es casi igual (a 5,3 m de largo). Miden sólo 3,5 m de largo entre 3.600 y 3.699 metros de elevación y 4,3 m de largo entre 4.200 y 4.299 metros de elevación. No me explico por qué se producen inflorescencias más pequeñas en las elevaciones más bajas al pie de colinas ya que ahí se acumulan más nutrientes y humedad. Por lo regular esas condiciones favorecen el desarrollo de inflorescencias. Tal vez la *Puya raimondii* debe competir contra las otras especies de flora también aprovechándose de esos nutrientes y/o del agua. El tamaño reducido que se notó en las altitudes más elevadas podría explicarse por el efecto del viento que sopla más fuerte en la cumbre de las colinas. Además la inflorescencia que crece grande y pesada presenta el peligro de derribar la planta entera. Ya que todas las elevaciones que se observaron en el Santuario se encuentran dentro de la gama normal de distribución de la planta (entre 3.000 y 4.000 m), todas las elevaciones disponibles en la Zona de Estudio podrían ser las preferidas en el entorno más amplio.

(3) El promedio del tamaño de las inflorescencias de la *Puya raimondii* según la orientación hacia el noroeste - una de las menos preferidas de la población – se calcula a 5,5 m, y el promedio de las que crecen en la orientación hacia el oeste - la orientación más preferida

de la población – alcanza 5,3 m. La orientación noreste sostiene el promedio de inflorescencia más reducido, midiendo 4,6 m. Sin embargo, ésta no es la orientación *menos* preferida de las plantas en Floración y las Florecidas (véase la Tabla 7) aunque *sí demuestran* una preferencia reducida por su tasa a sólo el 4%. Así que no se observó ningún efecto significativo entre las Clases de Orientaciones y los tamaños de las inflorescencias. Probablemente la proximidad del Santuario a la línea ecuatorial podría afectar los índices de la inflorescencia ya que en todas las orientaciones, los suelos reciben las mismas medidas de radiación solar y del calor que la acompaña.

(4) Al comparar el promedio del tamaño de las inflorescencias de *Puya raimondii* según las pendientes, las mediciones resultan muy semejantes: a 5,1 metros de largo en las pendientes medias, a 5,0 metros de largo en las pendientes empinadas, y a 4,7 metros de largo en las pendientes bajas. Así que no se observó ningún efecto significativo entre las Clases de Pendientes y los tamaños de las inflorescencias. Eso podría explicarse tomando en cuenta que en conjunto la región Puna en los Andes cubre una gama más elevada de Clases de Pendientes que se observa sólo en este Santuario. Además las pendientes comprendidas adentro del Santuario son todas las preferidas dentro del entorno más amplio.

(5) Al comparar el promedio del tamaño de las inflorescencias de *Puya raimondii* según tipos de hábitat, los tamaños resultan más grandes en un Afloramiento Rocoso en Ladera al pie de una Colina (a 8,1 m) y en las riberas con Hierba Ichu (a 6,4 m). Ambos sitios se caracterizan por su abundancia de nutrientes. Sin embargo, ambos sitios sostenían sólo una planta en floración cada uno. Las inflorescencias más grandes se observaron en Suelo Rocoso Cumbre (promedio de 5,4 m entre nueve plantas diferentes). Dudo que estos sitios cuenten con suelos ricos en nutrientes, pero posiblemente tengan más habilidad de retener la humedad, ya que se encuentran en las elevaciones más altas. También, entre más elevada topográficamente, más ventaja le tocará a la planta esparciendo sus semillas por medio del viento.

(6) Comparando solamente los tamaños más largos de las inflorescencias de *Puya raimondii* a través de los tipos de hábitat, las tres inflorescencias más largas que se registraron durante el inventario se observaron creciendo en medio de Hierba Ichu en Ladera Media (a 8,8 m), sobre un Afloramiento Rocoso al Pie de una Ladera (a 8,1 m), y dos plantas (a 7,9 m cada

una) sobre Suelo Rocoso, una en una ladera Media y una en una ladera Empinada. Las cuatro plantas crecen en todos los tipos de hábitat en cuanto al suelo y la pendiente. Ninguno de esos dos tipos de hábitat parece afectar de modo significativo el tamaño de la inflorescencia.

(7) De todos modos, la cantidad más grande de plantas en Floración y las Florecidas se observaron en Suelo Rocoso (709 plantas en total), Afloramientos Rocosos (396 plantas en total), y en Hierba Ichu (224 plantas en total) sobre pendientes Medias (véase la Tabla 5). Esa Clase de Pendiente y esos Tipos de Hábitat son los preferidos por todas las plantas de *Puya raimondii*.

(8) Al comparar las distancias entre las plantas en Floración y las Florecidas y el agua, no resultó ninguna correlación directa. Pero ni las pequeñas vías fluviales, ni los canales, ni los desagües están marcados en el mapa que utilicé. Se podría implementar una investigación en el futuro. Tengo entendido que estos inventarios se están llevando a cabo en el Santuario ahora.

(9) Cuando se analizan las Clases de Edad individualmente: la Juvenil, Adulta y En Floración o Florecida, estas Clases no exhiben preferencias hacia las diferentes elevaciones, orientaciones, pendientes o hábitats. Todas las diferentes Clases de Edad de las plantas prefieren las mismas condiciones para vivir y reproducirse.

La quema, la orientación, la distancia a las vías fluviales grandes, el suelo y los tipos de hábitats no parecen afectar el tamaño de la inflorescencia en la *Puya raimondii*. La reproducción parece resultar más exitosa entre 3.900 y 4.099 metros de elevación, en las orientaciones hacia el noroeste y el oeste en las laderas Medias. Todas las plantas *Puya raimondii* manifiestan preferencias semejantes.

¿Es sostenible la población de *Puya raimondii* en el Santuario Nacional de Calipuy?

Los resultados de este estudio apoyan la determinación de que esta población de *Puya raimondii* se está sosteniendo. Seis resultados principales conducen a esta conclusión:

(1) De las 55.237* plantas registradas, sólo el 2% de las plantas Juveniles y el 24,3% de las Adultas se observaron muertas. De las Adultas muertas, el 5,1% ya habían florecido en años anteriores. Resulta que el 88,1% de la población total representa plantas vivas con el 98% de todas las plantas Juveniles y el 75,5% de todas las Adultas.

(2) De las 30.718 plantas Juveniles observadas, solamente el 0,6% habían sido quemadas. De las 24.519 plantas Adultas, se observó que el 20,8% se habían quemado. Las señas de fuego pueden persistir durante décadas en las Puyas. Así que la diferencia de las señas de exposición al fuego entre las Juveniles y las Adultas sugiere que pocos incendios han sucedido en los años recientes. Se observó un solo incendio durante los 18 meses que tomó el inventario. La quemazón afectó a 11 plantas pero no mató a ninguna. Las plantas que mostraron señas de incendio pero que aún vivían alcanzaron el 0,7% de los ejemplares vivos y el 15% de las Adultas vivas. El fuego en sí no parece afectar la capacidad de la planta para florecer y reproducirse, pero sí puede debilitar el tallo y rendir la planta más vulnerable a derribarse.

(3) Los daños causados por insectos en todo el Santuario sólo afectaron a 5.292 plantas y 1.071 de éstas fueron tan dañadas que probablemente no se recuperarán lo suficiente como para reproducirse en el futuro (el 1,9%). Las plantas Adultas serían las más vulnerables a daños irreversibles. Sin embargo daño significativo por insectos alcanzó solamente el 5,8% de toda la población Adulta y viva.

(4) A lo largo de todo el estudio, 290 plantas se registraron como activamente floreciendo (tres en 2012 y 287 en 2013). Solamente ciertas secciones del Santuario total fueron estudiadas durante la temporada de floración que duró cinco meses ambos años (de junio a octubre). Así que hasta 400 plantas podrían haber florecido durante esos dos años (el 2% de todas las plantas Adultas vivas). Es normal que las plantas realicen un año de floración abundante cada cinco o siete años (*comunicación en persona con el Biólogo del Parque*

Nacional Huascarán). En el Santuario Nacional Calipuy, SERNANP ha estado implementando los inventarios anuales de las plantas en Floración desde 1999 y algunas *Puya raimondii* en el Santuario han estado floreciendo cada año desde entonces. Respecto a la Floración, el año más abundante antes del 2013 sucedió en 2010 (*comunicación en persona con el Biólogo del Santuario de Calipuy*).

(5) Se observó hongo negro que sólo afectaba a 22 de las *Puya raimondii* en una pequeña zona del Santuario. Esta zona podría ser de interés en el futuro, pero no presenta ninguna amenaza inmediata hacia la población en general.

(6) Durante el plazo que duró este estudio, las plantas que florecían activamente suman 290. El 47,8% de éstas se habían quemado. Únicamente se derribaron cuatro de las plantas quemadas pero activamente florecientes: el 1,4% de todas las plantas en Floración. Así que aún tras exposición al fuego, las plantas todavía pueden sobrevivir hasta la Floración.

En conclusión, observamos 28.969 (94,3%) plantas Juveniles en buena salud (sin exposición al fuego, con daños por insectos y/o por hongo no significativos, y vivas) listas para reproducirse en el futuro. Además 14.633 (el 59,7%) plantas Adultas (sin exposición al fuego, con daños por insectos y/o por hongo no significativos, y vivas) listas para su reproducción en el futuro. En otras palabras, el 79% de la población de *Puya raimondii* cuenta con potencial reproductivo y hoy día las quemadas se han reducido.

¿Es sostenible la población de *Puya raimondii* en toda su extensión actual?

En ese entorno más amplio, las amenazas más graves que enfrentan esta especie en peligro de extinción, además del efecto causado por seres humanos y su explotación de la tierra, incluyen su distribución muy dispersa y su uniformidad genética en extremo. La conservación de las especies raras exige mantener una diversidad genética como alta prioridad (Pullin, 2002). Entre los factores que ocasionaron las condiciones actuales, se debe considerar los efectos del último ciclo glacial y la explotación humana del hábitat desde entonces. Las primeras manifestaciones de presencia humana en el territorio peruano han sido fechadas a aproximadamente 9.000 años a.C. (Dillehay, 2004). El último período glacial dentro de la edad

de hielo actual ocurrió durante los últimos años de la época del Pleistoceno (hace de 12.000 a 110.000 años). Los glaciares alcanzaron su extensión máxima hace 22.000 años (Clayton, 2006). Estas dinámicas le presentan a toda la población de *Puya raimondii* aún más riesgo de sufrir enfermedades, parásitos o cambios climáticos (Lambe, 2009). El Santuario Nacional de Calipuy sostiene la población de la planta más abundante en la sección septentrional de toda la extensión vestigial de la planta. Aplicando los datos de los estudios de la población de *Puya raimondii* realizados en el Perú, podemos formular conclusiones pertinentes a través de toda la extensión de la planta:

(1) La población con una cantidad considerable de *Puya raimondii* que crece más cerca del Santuario Nacional de Calipuy se encuentra retirada a un mínimo de 200 kms al sur dentro del Parque Nacional Huascarán. Se estima que la población de *Puya raimondii* de ahí alcanza hasta 450.000 plantas (Lambe, 2009). La distancia que separa esas reservas impide el intercambio natural de material genético. Un estudio científico publicado en 2013 utilizando muestras de tejido foliar analizó las variaciones genéticas en las poblaciones de *Puya raimondii* en el Parque Nacional Huascarán y las de una zona montañosa vecina en el Perú. Respecto a la *Puya raimondii*, este estudio de 2013 está precedido por sólo otras dos obras (Sgorbati et al. 2004, Oculte et al. 2010). Estudios anteriores de la *Puya raimondii* determinaron la estructura genética de ocho poblaciones de *Puya raimondii* en el Huascarán y detectaron sólo 14 genotipos (Sgorbati et al. 2004). Solamente unos pocos de los 217 PFLA (polimorfismo con fragmento de la longitud amplificado) locus marcadores observados resultaron polimórficos. Cuatro poblaciones eran exclusivamente monomórficas, algo que sugiere endogamia. Pero los resultados del estudio de 2013 difieren de los anteriores cuando se notó que el polimorfismo alcanzó el 96,3% (Hornung-Leoni, 2013). Los autores explican la diferencia porque compararon dos sitios separados por obstáculos. Así que la distribución de la *Puya raimondii*, aún muy dispersa todavía podría estar sosteniendo suficientes variaciones genéticas. No se han realizado estudios adecuados respecto a este tema lo suficiente como para concluir con una determinación definitiva.

(2) Cualquier planta de diversidad genética limitada es vulnerable a perturbaciones a gran escala. Sin duda, la *Puya raimondii* ha experimentado cambios climáticos desde la última

época glacial y se adaptó exitosamente a las variaciones. Debido a la disposición de sus hojas en forma de canalitos que se inclinan hacia el tallo, la planta capta una cantidad de agua considerable, incluso después de una llovizna (Rees and Roe, 1980). El agua corre por el tallo abasteciendo las raíces. También utiliza la fotosíntesis del metabolismo ácido de crasuláceas (MAC) para producir azúcares. Esta adaptación permite que las bromelias que crecen en climas cálidos o secos abran sus estomas por la noche y no durante el día, lo que reduce la pérdida de agua (Rex, 2007). Así que si las temperaturas más calientes llegaran a ser las ordinarias en la región, y por lo tanto secándola, la planta cuenta con adaptaciones para poder mitigar esos efectos. En caso de que el clima en la zona se volviera más húmedo, las plantas mismas probablemente aguantarían el cambio. Sin embargo, otras especies de plantas podrían invadir el hábitat. La extrapolación de los datos de mi inventario podría aplicarse a otras poblaciones de *Puya raimondii* creciendo en hábitat de suelos Rocosos. Los suelos de Afloramiento Rocosos son probablemente demasiado delgados para poder retener suficientes nutrientes y convertirse en hábitat principal de otras especies de plantas. En caso de que los suelos Rocosos, especialmente en las laderas Medias y las Bajas donde se acumulan más nutrientes, se invadieran por otras especies de plantas, la *Puya raimondii* probablemente seguirá reproduciéndose. Actualmente la *Puya raimondii* parece estar compitiendo exitosamente creciendo junto con gramíneas en los hábitats de Hierba Ichu del Santuario, en particular ya que se ha reducido el impacto del ganado y/o el de los incendios: el 14% de la población de *Puya raimondii* crece en este hábitat. Será interesante ver si este porcentaje aumentará con el tiempo y averiguar cómo la *Puya raimondii* reaccionará ante el cambio climático en toda su extensión.

(3) Extrapolando los datos de mi inventario de plantas a otras poblaciones de *Puya raimondii*, se nota que ni las enfermedades ni los parásitos parecen afectar significativamente el éxito reproductivo de la planta. Además no he leído ninguna mención de esos agentes destructivos en obras publicadas ni me han informado de ellos durante consultas en persona.

Con el fin de favorecer el futuro de las plantas de *Puya raimondii* se debe implementar estudios genéticos mientras que se lleve a cabo un monitoreo continuo de las poblaciones. Con

el paso del tiempo se averigua más información respecto a los efectos del cambio climático y de las enfermedades y/o parásitos. Pienso que por el momento la *Puya raimondii* puede sostenerse por lo menos en poblaciones pequeñas.

Recomendaciones de estudios que se llevan a cabo en el Santuario Nacional de Calipuy en el futuro y estrategias para la administración del mismo.

La administración de la población de *Puya raimondii* comprendida en el Santuario Nacional de Calipuy se ha desarrollado considerablemente desde 2001. La presencia de seis Guardaparques a tiempo completo, la educación ambiental celebrada en las comunidades circundantes en la Zona de Amortiguamiento del Santuario, la prohibición permanente de ganado dentro de los límites del Santuario, y la vigilancia esmerada de los poblados humanos ubicados en la Zona de Invasión debe continuar en el futuro. Además SERNANP podría seguir ampliando su servicio:

- (1) Creo que todavía falta examinar una sección al norte del Santuario. No elaboramos ningún estudio ahí, ni yo ni tampoco Joly Guillaume. Joly fue voluntaria francesa quien elaboró un inventario semejante de la *Puya raimondii* en 2011 (consulte y compare las Ilustraciones 16 & 17 abajo). Algún agente debería examinar esta sección para averiguar datos más precisos de toda la *Puya raimondii* en el Santuario.

estrategia de administrar el Santuario en el futuro. Recomiendo que estaciones climáticas básicas se establezcan y se mantengan en los dos puestos de los Guardaparques dentro del Santuario.

(4) Recomiendo que el Santuario Nacional Calipuy lleve a cabo un estudio de comparación genética semejante al mío entre las plantas de *Puya raimondii* dentro del Santuario y las poblaciones esparcidas fuera del Santuario conocidas por el personal de SERNANP. El fin sería el de determinar la variación genética actual para después compararla con las poblaciones de plantas en el Huascarán. Según los resultados, los agentes podrían seleccionar las parcelas donde se trasplantaría más *Puya raimondii* formando poblaciones genéticamente diversas. El Huascarán y/o las poblaciones extremadamente pequeñas esparcidas fuera del Santuario podrían servir como fuentes de trasplantes. El hecho de que las plantas pueden durar hasta 100 años antes de florecer presenta un problema obvio. Será necesario experimentar con una variedad de tamaños y edades de plántulas y examinar las diferencias en el desarrollo de los trasplantes con el tiempo.

(5) A medida que se lleven a cabo más inventarios en el Santuario, tal como la cartografía de pequeñas vías fluviales, canales, humedales y desagües, SERNANP puede aprovecharse de los puntos de referencia ya establecidos respecto a la *Puya raimondii* junto con la información registrada en ArcGIS. Además, calculaciones en hojas contables de Excel permiten formar más inferencias adecuadas sobre las poblaciones y sus interacciones con el medio ambiente.

(6) Sólo el 4% de las plantas de *Puya raimondii* en el Santuario albergaban nidos de aves, pero dado que la región de la Puna no cuenta con árboles en toda su extensión, esas plantas podrían incrementar el éxito reproductivo de ciertas especies de aves. La literatura no especifica si aves o insectos particulares dependen exclusivamente de la *Puya raimondii* para alimentarse o abrigarse. Pero se recomienda efectuar estudios adicionales sobre esos temas con el fin de pintar una imagen más completa del papel de la *Puya raimondii* en el ecosistema.

CONCLUSIONES

Lamentablemente, aunque el monitoreo y el mantenimiento se implementen, aunque el intercambio de material genético resulte exitoso con el tiempo, el futuro de esta planta en peligro de extinción es dudoso. Este hábitat ha sufrido una fragmentación extrema desde el comienzo de la historia humana en el Perú y a fin de cuentas, el éxito reproductivo de la planta no se manifestará a través de toda su extensión actual. Las poblaciones pequeñas podrían seguir sosteniéndose en sitios particulares tal como el Santuario Nacional de Calipuy y el Parque Nacional Huascarán. Sin embargo, hacen falta los “corredores” reproductivos que permitían el intercambio natural de materiales genéticos. Los mismos se habían establecido a través de cientos de kilómetros a lo largo de la Cordillera de los Andes. Ahora, únicamente pequeñas “islas” sustentables es todo lo que queda de la *Puya raimondii*. Y eso solamente tras intervención humana aplicando su ciencia y e implementando sustitutos por la selección natural. Tomando en cuenta la penuria que hoy día prevalece en las tierras altas de Perú y Bolivia, la meta de abandonar enormes extensiones de tierras agrícolas con el fin de servir la sobrevivencia de una especie de planta prehistórica se debe considerar improbable.

¿Vale la pena proteger los vestigios de una especie de planta antigua? La planta no se considera como especie clave o fundamental dentro del hábitat de la Puna, región que cubre mucho territorio a lo largo de la Cordillera de los Andes. Actualmente sólo quedan pequeños grupos de las plantas de *Puya raimondii*. Creo que el Santuario Nacional de Calipuy es un lugar ideal donde la gente puede observar los cambios que sufre una especie en peligro de extinción dentro de un entorno “suficientemente natural”. Así, la región todavía permite que se experimente un paisaje primordial. Evidentemente, el gobierno nacional de Perú valora invertir tiempo, dinero y energía en la preservación de zonas protegidas y establecidas para conservar esta antigua y emblemática especie de la Cordillera de los Andes.

APÉNDICES

En el transcurso del inventario de la planta mantuve una lista de aves que identifiqué consultando el texto: “Aves de Perú” (Schulenberg, 2012). Añadí mi contribución a la lista de aves ya identificadas en un inventario anterior patrocinado por SERNANP y concluído en 2012 (Boyd, David R. Rosario, 2012).

| Orden | Familia | Nombre Científico | Endémicas en el Perú |
|------------------|---------------|---------------------------------|----------------------|
| ACCIPITRIFORMES | ACCIPITRIDAE | <i>Buteo polyosoma</i> | |
| ANSERIFORMES | ANTIDAE | <i>Anas bahamensis</i> | |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Aglaeactis cupripennis</i> | |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Colibri coruscans</i> | |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Metallura phoebe</i> | x |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Oreotrochilus estella</i> | |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Patagona gigas</i> | |
| APODIFORMES | TROCHILLIDAE | <i>Polyonymus caroli</i> | x |
| CAPRIMULGIFORMES | CAPRIMULGIDAE | <i>Caprimulgus longirostris</i> | |
| CHARADRIIFORMES | CHARADRIIDAE | <i>Vanellus resplendens</i> | |

| | | | |
|-----------------|--------------|--------------------------------------|---|
| CHARADRIIFORMES | SCOLOPACIDAE | <i>Gallinago andina</i> | |
| COLUMBIFORMES | COLUMBIDAE | <i>Metriopelia ceciliae</i> | |
| FALCONIFORMES | FALCONIDAE | <i>Falco femoralis</i> | |
| FALCONIFORMES | FALCONIDAE | <i>Falco sparverius</i> | |
| FALCONIFORMES | FALCONIDAE | <i>Phalcoboenus megalopterus</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Catamenia analis</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Catamenia inornata</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Diglossa brunneiventris</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Incaspiza personata</i> | x |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Phrygilus alaudinus</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Phrygilus fruticetti</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Phrygilus plebejus</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Phrygilus punensis</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Phrygilus unicolor</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBEREZIDAE | <i>Sicalis luteola</i> | |

| | | | |
|---------------|--------------|--|---|
| PASSERIFORMES | EMBERIZIDAE | <i>Sicalis uropygialis</i> | |
| PASSERIFORMES | EMBERIZIDAE | <i>Zonotrichia capensis</i> | |
| PASSERIFORMES | FRINGILLIDAE | <i>Carduelis magellanica</i> | |
| PASSERIFORMES | FRINGILLIDAE | <i>Carduelis uropygialis</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Asthenes dorbignyi</i> <i>huancavelicae</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Asthenes humilis</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Cinclodes atacamensis</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Cinclodes fuscus</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Cinclodes palliatus</i> | x |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Geositta tenuirostris</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Leptasthenura pileata</i> | x |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Leptasthenura striata</i> <i>albigularis</i> | |
| PASSERIFORMES | FURNARIIDAE | <i>Upucerthia serrana</i> | x |
| PASSERIFORMES | HIRUNDINIDAE | <i>Pygochelidon</i> <i>cyanoleuca</i> | |

| | | | |
|---------------|---------------|---|--|
| PASSERIFORMES | MOTACILLIDAE | <i>Anthus bogotensis</i> | |
| PASSERIFORMES | THRAUPIDAE | <i>Conirostrum cinereum</i> | |
| PASSERIFORMES | THRAUPIDAE | <i>Sicalis olivascens</i> | |
| PASSERIFORMES | TROGLODYTIDAE | <i>Tragodytes aedon</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Agriornis albicauda</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Anairetes flavirostris</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Agriornis montanus</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Musciaxicola griseus</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Musicisaxicola maculirostris</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Ochthoeca leucophrys</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Ochthoeca oenanthoides</i> | |
| PASSERIFORMES | TYRANNIDAE | <i>Ochthoeca rufipectoralis</i> | |
| PICIFORMES | PICIDAE | <i>Colaptes rupicola</i> | |
| STRIGIFORMES | STRIGIDAE | <i>Bubo virginianus</i> | |
| STRIGIFORMES | TYTONIDAE | <i>Tyto alba</i> | |

| | | | |
|--------------|-----------|---|--|
| TINAMIFORMES | TINAMIDAE | <i>Norhoprocta ornate</i> | |
| TINAMIFORMES | TINAMIDAE | <i>Nothoprocta ornate branickii</i> | |
| TINAMIFORMES | TINAMIDAE | <i>Nothoprocta pentlandii</i> | |

LITERATURA CITADA

Benzing, D.H. 2000. Bromeliaceae profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge, 690p.

Boyd, David R. Rosario. 2012. *"Inventario Ornitológico del Santuario Nacional Calipuy y la Reserva Nacional de Calipuy."*. No se publicó.

Clayton, Lee; Attig, John W.; Mickelson, David M.; Johnson, Mark D.; Syverson, Kent M. 2006. "[Glaciation of Wisconsin](#)". Dept. Geology, University of Wisconsin.

Climate of Peru. (2014, May 6). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved 16:40, May 16, 2014, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Climate_of_Peru&oldid=607335431.

Dillehay, Tom, Duccio Bonavia and Peter Kaulicke. "The first settlers". In Helaine Silverman (ed.), *Andean archaeology*. Malden: Blackwell, 2004, [ISBN 0631234012](#), p. 20.

Gálvez, Giavana P. Vadilo; Santiago, Hamilton W. Beltrán; Rojas, Marybel Morales. *"Línea Base y Recomendaciones para la Conservación y Revaloración de la Flora con Énfasis en Puya raimondii."* El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2013.

Hornung-Leoni, C.T. and Sosa, V (2005) Morphological variation in *Puya* (Bromeliaceae): an allometric study. **Plant Systematics and Evolution** 256: 35-53.

Hornung-Leoni, Sosa, V., Simpson, J., and Gil, K. 2013. Genetic variation in the emblematic *Puya raimondii* (Bromeliaceae) from Huascarán National Park, Peru. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 13: 67-74.

INRENA-Dirección General de Estudios y Proyectos. Spanish. 1995. Mapa Ecológico de la Reserva y Santuario Nacional de Calipuy. No se publicó.

Kalman, Bobbie and Schimpky, David. *Peru: The Land*. Crabtree Publishing Company, 2003. Print.

Kauffman, J.H. and M. Valencia Ramos. 1998. A farmer-assisted soil survey and land evaluation in the Peruvian Andes. A case study for the San Marcos (Cajamarca) and Quilcas (Huancayo) ILEIA project pilot areas. National Agricultural University-La Molina, Lima and International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen.

Lambe, A. "Puya raimondii." The IUCN Red List of Threatened Species. 2009. Web. 17 March, 2014.

ONERN (1975). Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la zona sur del Dpto. de Cajamarca (2 volúmenes). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. En español.

Pullin, Andrew S. *Conservation Biology*. Cambridge University Press, 2002. Print.

Rees, W.E. and A. Roe. 1980. Puya raimondii. (Pitcairnioideae, Bromeliaceae) and birds: an hypothesis on nutrient relationships. Can. J. Bot. 58:1262-1268.

Rex, Martina, Kerstin Patzolt, Katharina Schulte, Georg Zizka, Roberto Vasquez, Pierre L. Ibisch, and Kurt Weising. "AFLP analysis of genetic relationships in the genus Fosterella L.B. Smith (Pitcairnioideae, Bromeliaceae)." Genome 50 (2007): 90-105.

Schlenberg, T.S., Stotz, D.F., Lane, D.F., O'Neill, J.P., and Parker III, T.A. 2012. Birds of Peru: Revised and Updated Edition. Princeton University Press, Princeton and Oxford.

Schulte K, Silvestro D, Kiehlmann E, Veslely S, Novoa P and Zizka G (2010). Detection of recent hybridization between sympatric Chilean Puya species (Bromeliaceae) using AFLP markers and reconstruction of complex relationships. Molecular Phylogentic and Evolution 57: 1105-1119.

Sgorbati S, Labra M, Grugni E, Barcaccia G, Galazo G, Boni U, Mucciarelli M, Citterio S, Benavides A, Venero L and Scannerini S (2004). A survey of genetic diversity and reproductive biology of Puya raimondii, the endangered queen of the Andes. Plant Biology 6:222-230.

Shoobridge, Diego. "Calipuy National Sanctuary Park Profile." www.parkswatch.org. March, 2003. Article accessed March 17, 2014.

Valverde, Br. Selwyn Enrique Valverde . Peru. Professional Academic School of Environmental Engineering. Characterization of the Environmental Components of the Ecosystem of Puya raimondii Communities in the Huascarán National Park, 1981-2008. August, 2009. Print.

Wikipedia, The Free Encyclopedia: Rocky Outcrop. Retrieved 12:51, March 30, 2014, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Outcrop>.