



unesco

Informe medioambiental

Evaluación de daños por incendio

en el patrimonio natural de Rano Raraku

Publicado en 2023 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia y la Oficina Regional Multisectorial de la UNESCO Santiago, Enrique Delpiano 2058, 7511019 Santiago, Chile.

© UNESCO 2023



Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la licencia Attribution-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>). Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios aceptan las condiciones de utilización del Repositorio UNESCO de acceso abierto (<https://www.unesco.org/es/open-access/cc-sa>).

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO ni comprometen a la Organización.

Autor: Tahira Edmunds

Imagen de cubierta: © UNESCO.

Diagramación: Fértil Provincia SpA. (tipografica.io).

Esta publicación forma parte del proyecto HEF Rapa Nui “Evaluación de los daños por fuego en el Parque Nacional Rapa Nui y desarrollo de un plan de gestión integral para el sitio de Patrimonio Mundial” ejecutado por la oficina UNESCO Santiago, con el financiamiento del Heritage Emergency Fund (HEF) de la UNESCO.

Informe medioambiental

Evaluación de daños por incendio

en el patrimonio natural de Rano Raraku

Presentación

Esta publicación forma parte de las acciones desarrolladas en la primera etapa del proyecto financiado por el *Heritage Emergency Fund* de la UNESCO en el Parque Nacional Rapa Nui. Junto con el diagnóstico de conservación de los recursos arqueológicos que fueron afectados por el fuego en el volcán Rano Raraku, se levantó un informe medioambiental sobre el humedal, de manera de tener datos actualizados sobre el estado de conservación de la biodiversidad de este valioso sitio de patrimonio dentro del Parque Nacional Rapa Nui.

Luego de un escrutinio de tres meses realizado por Tahira Edmunds, se redactó este informe que identifica el alcance de los daños producidos por el incendio de octubre de 2022 en el ecosistema donde se encuentra el volcán Rano Raraku, presentando diversos hallazgos a raíz de la acción del fuego y proponiendo algunas recomendaciones para mitigar futuros daños en la flora y fauna del lugar.

Para comprender la interacción y afección natural y permanente entre el patrimonio natural y cultural, este informe identifica las diferentes especies de flora

y fauna del humedal, diferenciando aquellas que son exóticas con las que son nativas, y analiza cómo la presencia de algunas plantas invasoras y animales como los caballos, perros y gatos están afectando a aquellas especies nativas que son vitales para la biodiversidad del Parque, como es el caso de la característica ave tropical, *Tavake*, que anida en Rano Raraku. Así también, indaga en el impacto que tienen las especies exóticas e invasoras en la propagación de incendios y alteración de los elementos arqueológicos.

En este sentido, este informe plantea un necesario ejercicio para abordar la gestión de riesgos de un sitio de patrimonio, desde una mirada integral, dando cuenta de la importancia de tomar medidas de mitigación tanto para la preservación de los recursos arqueológicos como naturales, protegiendo el ecosistema del Parque y de la isla. Así, esperamos que esta información no solo contribuya a la salvaguarda del patrimonio cultural, sino que también propicie una acción comprometida de la comunidad local para el desarrollo sostenible del Parque, preservando su biodiversidad y su riqueza arqueológica.



Claudia Uribe
Directora

Oficina Regional de Educación
para América Latina y el Caribe
OREALC/UNESCO Santiago

Agradecimientos

Este proyecto fue desarrollado por la Oficina Regional Multisectorial de la UNESCO en Santiago, bajo la coordinación del sector de Cultura a cargo de Pilar Vicuña, con el respaldo de la consultora Antonia Pössel, y la coordinación local de Lya Edmunds.

Extendemos nuestro agradecimiento al equipo de consultores cuya contribución fue fundamental en diversas etapas de la implementación de este proyecto. Destacamos el aporte de Daniela Meza Marchant, Tikitehatu Astete Paoa, Moana Gorman Edmunds, Melany Atam Osorio, Gabriel Pakomio Jara, Ma'ara Teave Atam, y Joaquín Soler Hotu, quienes estuvieron a cargo del *Informe diagnóstico de conservación*. A Tahira Edmunds, responsable de la elaboración del *Informe medioambiental*. A Solange Díaz, responsable de liderar la elaboración del Plan de gestión de riesgos para el sector de Rano Raraku; y a Nelly Robles, quien impartió las capacitaciones en temas administración y conservación de sitios del patrimonio mundial.

Además, queremos relevar la participación y colaboración de las siguientes instituciones y actores:

- Comunidad rapanui.
- Comunidad indígena Ma'u Henua, administradora del Parque Nacional Rapa Nui.
- Secretaría Técnica de Patrimonio Rapa Nui, Consejo de Monumentos Nacionales | Proyecto Indicador de Sustentabilidad del Patrimonio Rapa Nui.
- Corporación Nacional Forestal, oficina provincial (CONAF).
- Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres, delegación provincial.
- Comité provincial de Gestión de Riesgos y Desastres.
- Cuerpo de Bomberos de Isla de Pascua.
- Departamento de Seguridad y de Turismo, Ilustre Municipalidad de Rapa Nui.
- Comisión asesora de Monumentos Nacionales de Rapa Nui.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario. (INDAP)
- Ministerio de Bienes Nacionales, oficina provincial.

Índice

Presentación		4
Agradecimientos		5
Capítulo 1	Resumen	9
Capítulo 2	Introducción	11
Capítulo 3	Objetivos	13
Capítulo 4	Antecedentes	15
Capítulo 5	Metodología	23
Capítulo 6	Resultados	27
Capítulo 7	Recomendaciones: Objetivos y líneas de acción	41
Bibliografía		45

Resumen

El presente informe se enmarca dentro del proyecto de evaluación por daños en el incendio ocurrido en Rano Raraku el día 04 de octubre de 2022, que fue liderado por UNESCO en conjunto con el administrador del Parque Nacional Rapa Nui, la Comunidad Indígena Ma'u Henua. Este informe tiene como objetivo identificar y evaluar las condiciones en que se encuentra el volcán en términos medioambientales. Para ello se realizaron inspecciones visuales en la zona afectada para finalmente recomendar acciones que permitan minimizar los daños antrópicos al humedal y a toda la biodiversidad del sector, con el fin de evitar futuros escenarios similares.

Para elaborar este informe, se trabajó en estrecha colaboración con la comunidad indígena Ma'u Henua, quienes facilitaron equipamientos para el trabajo de terreno. Hubo también colaboración de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), además de la información recabada durante las semanas posteriores al incendio.

Cabe mencionar que la autora (Tahira Edmunds) está realizando un estudio exhaustivo de los humedales de Rapa Nui, llamado «Estudio territorial bio-socioambiental de los humedales de Rapa Nui», licitación convocada por la Oficina Provincial de CONAF en Isla de Pascua, adjudicada en 2019, que ha tenido que ser pausada debido a la pandemia de COVID-19 y replanificada para el 2023. Es por esta razón que varios de los análisis expuestos en este informe se han planteado para el estudio, aunque aún no se han publicado.

Introducción

La remota isla de Rapa Nui, ubicada en el océano Pacífico oriental, es reconocida por su historia de deforestación extrema, a menudo vinculada a la caída de su antigua civilización polinésica. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que la historia medioambiental de Rapa Nui es más compleja de lo que se pensaba inicialmente, con períodos de deforestación seguidos de regeneración natural (Flenley & Bahn, 2003). Estos estudios sugieren que la ecología de Rapa Nui no se puede entender completamente sin tener en cuenta las interacciones humanas junto con las ambientales y los cambios en el clima a lo largo del tiempo.

Rapa Nui es famosa por su cultura megalítica emblemática alrededor del mundo caracterizada por sus *moai* dispuestos en centros ceremoniales alrededor de la isla, más otros en camino hacia sus altares. El corazón de estas esculturas se encuentra en Rano Raraku, principal cantera para su producción, y que tiene una importancia cultural y arqueológica significativa. Sin embargo, es también un ecosistema importante en sí mismo. Como cráter volcánico, Rano Raraku alberga un humedal único en su interior. Este humedal y su ladera circundante son ecosistemas complejos moldeados tanto por procesos naturales como por actividades humanas a lo largo de los siglos.

Objetivos

- Diagnóstico sobre la afectación al patrimonio natural a raíz del incendio en Rano Raraku.
- Registro fotográfico de los daños.
- Evaluación y alcance de daños, riesgos y urgencias medioambientales.
- Definir el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el entorno y lo que ocasiona.
- Sugerir líneas de acción para ser incorporadas a la propuesta de manejo y/o plan de resguardo, conservación, levantamiento crítico y de visitación (monitoreo, mantención, medidas de mitigación, etcétera).
- Realizar una presentación de los principales hallazgos y recomendaciones para mitigar el daño a la comunidad Ma'u Henua, tanto al directorio como a unidad de vigilancia y mantención.
- Asesorar en materia medioambiental a la coordinación del proyecto.

Antecedentes

Ubicación

Rapa Nui es una isla que se ubica en el sudeste de la Polinesia, en los 27°09'05"S, 109°26'00"W. Desde el punto de vista geológico, corresponde a un complejo volcánico intraplaca (Vezzoli y Acocella, 2009) compuesto por tres volcanes principales, Poike, Rano Kau y Terevaka, y un área de 166 km².

Rano Raraku se ubica en lado sudeste de la isla, tiene un cráter de 600 m de diámetro aproximado y la cima del cono se encuentra a 160 m de altitud. El cráter posee un humedal en su interior a 81 m de altitud, de forma ovalada de 420 m de norte a sur y 320 m de ancho este a oeste. El humedal estaba compuesto por un espejo de agua dulce y en sus márgenes crecen abundantes juncos de totora (*Scirpus californicus*). Esta laguna no poseía salida de agua por la superficie. Sin embargo, en el flanco sur de la cantera, se observa un collado de 90 m de altitud, que fue cortado más profundo por los habitantes del sector para facilitar el bombeo del agua fuera del cráter a través de cañerías. Hoy en día, este corte sirve de entrada principal para ingresar al interior del cráter.

El pasado ambiental

Si bien, poco se sabe acerca de la historia ambiental de la isla, se han realizado variados estudios de núcleos de sedimentos, extraídos de los tres principales volcanes –Rano Kau, Rano Aroi y Rano Raraku– para tratar de reconstruir el pasado en términos ambientales, ya sea climatológico y por sus efectos en los ecosistemas, como también aquellos homologados con los procesos sociales que se vivían en la isla. La mayor parte de la isla estaba cubierta por bosques de varias especies de palmera que están actualmente extintas (*Jubaea* sp.), arbustos y pastos endémicos (Flenley *et al.*, 1991; Orliac, 2000). La isla era hogar de al menos cinco especies de aves no voladoras también endémicas ya extintas y de colonias de aves marinas que ya no se establecen en este lugar (Steadman *et al.*, 1994, Steadman, 2006).

Los autores Cañellas-Boltà *et al.* (2013) y Rull *et al.* (2015, 2016, 2018) han podido ordenar cronológicamente datos paleoclimáticos y paleoecológicos de los últimos tres milenios. Esto fue posible debido a la sistematización de información obtenida de investigaciones anteriores obtenidas a través de núcleos



Figura 1. Ubicación del volcán Rano Raraku en Rapa Nui.

Fuente: OrtoFoto Lidar STP 2017, Ortofotografía drone para Proyecto Humedales, 2021.

de sedimentos en los cuales se analizaron polen, microfósiles de fitolitos, almidón, entre otros, tales como estudios de actividades humanas en el uso del suelo y la demografía.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos de este análisis multi-proxy realizado por los autores Rull *et al.* (2016) de la publicación *Three Millennia of Climatic, Ecological, and Cultural Change on Easter Island: An Integrative Overview*, centrado específicamente en Rano Raraku:

«Del análisis realizado sobre Rano Raraku, se encontraron evidencias de dos fases de climas áridos que provocaron la sequía del lago. La primera sequía tuvo lugar entre el 500 y el 1200 d.C., durante la Anomalía Climática Medieval, coincidiendo con el período propuesto por diferentes autores para el asentamiento polinesio de la isla. La segunda sequía ocurrió entre 1570 y 1720 d.C., durante la Pequeña Edad de Hielo y justo antes del contacto europeo. Entre medio de estas dos fases áridas, hubo una fase húmeda, la cual coincide con el desarrollo de la civilización Rapanui y con el “evento del 1300” el cual se asume fue fría y de abundante agua en el Pacífico (Nunn, 2007).

En cuanto a los patrones de deforestación, se sugiere que diferentes sitios fueron deforestados en diferentes momentos y a diferentes ritmos. En Rano Raraku, el desmonte del bosque comenzó

muy temprano y duró aproximadamente 2000 años. Este cambio de vegetación procedió con tres impulsos principales. El paso inicial consistió en una menor retracción del bosque (450 a.C.) seguido por una estabilización hasta el último milenio, cuando ocurrieron dos impulsos mayores. La fase más intensa comenzó en el 1200 d.C. y condujo a un paisaje dominado por pastizales, pero con manchas de bosque de palmas aún presentes. El pulso final de deforestación, que llevó a un paisaje totalmente dominado por pastizales, ocurrió hacia el 1450 d.C., durante el máximo desarrollo de la antigua cultura Rapanui.

Las últimas señales de cultivos dentro de Rano Raraku datan entre el 1300-1450 CE (Horrocks *et al.*, 2012a). lo que sugiere que los antiguos Rapanui dejaron Rano Raraku y se fueron en busca de otras fuentes de agua dulce tales como Rano Kau, el cual no se secó en el último milenio y al ser más grande y profundo, podía soportar las actividades humanas (Rull, 2016b)».

Acá se demuestra el comienzo del asentamiento agrícola, el que luego, entre los años 1200 y 1650 d.C., comenzó con la construcción de los *Ahu-moai*. Los que finalmente transformaron los ecosistemas terrestres en pastizales y donde vinieron luego importantes cambios culturales junto a una fuerte disminución de su población (Bahn, 1993; Diamond, 2005).

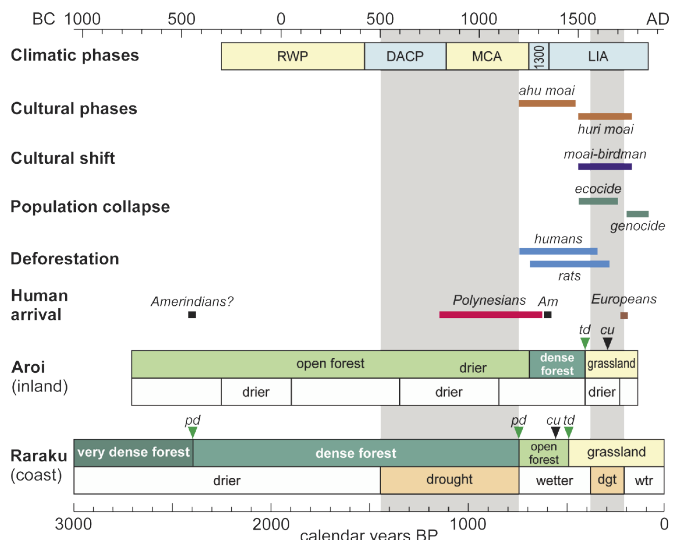


Figura 2. (A) Mapa de Rapa Nui mostrando las localidades que se mencionan. (B). Resumen de las tendencias en clima, ecología y sociocultural ocurridos en Rapa Nui en los últimos tres milenios. Fuente: Rull, Cañellas-Bolta *et al.* (2019).

Contexto hidrogeológico del humedal

El cráter del volcán Rano Raraku se originó debido a una fractura paralela en la ladera suroeste del volcán Poike, que produjo una erupción subacuática que dio origen al cono de tobas hialoclásticas que conforman este cono volcánico (González-Ferrán, 1987).

Una laguna está integrada con su cuenca, donde los procesos geológicos como la meteorización, la escorrentía y la deposición pueden desempeñar un papel importante al influir en la composición del sedimento (Tschudy, 1969; Cohen, 2003; Lotter y Birks, 2003). Según indica Herrera y Custodio (2008), el humedal de Rano Raraku se alimenta solamente por las precipitaciones caídas directamente y por las aguas que ingresan por escorrentía por las laderas del volcán. Describe, además, que están hidrológicamente desconectadas del sistema del acuífero de la isla, separado por un grueso estrato de sedimentos lacustres presentes al interior del cráter.

A través de los estudios de núcleos sedimentos, comentados anteriormente, se identificaron 4 estratos de sedimentos, correspondientes a lodos y turbas de material fino con altos contenidos de materia orgánica, caracterizados por su baja permeabilidad (Saez *et al.*, 2009).

El humedal de Rano Raraku y el clima en el presente

El clima en Rapa Nui se caracteriza por ser subtropical: hay pequeñas variaciones de temperatura entre las estaciones del año dado la influencia marina.

Desde que se tienen registros históricos climatológicos en la isla, se puede concluir que en Rapa Nui los vientos predominantes son del este y noreste, por lo que Rano Raraku al estar ubicado en el extremo noreste y cercano a la costa, recibe directamente el viento que también transporta sales del mar (brisa marina) a los suelos del volcán.

La precipitación entre los años 1971-1990 registró un valor mínimo de 841 mm y máximo de 1900 mm. En cambio, entre los años 2000 y 2022 se registró un mínimo (histórico) de 596.9 mm en 2022 y un máximo de 1686.6 mm en 2009. En el gráfico se muestra claramente una disminución de las precipitaciones anuales desde el año 2010.

El promedio de precipitaciones es de ~1109 mm al año (1955-2019) y el 42 % del agua anual caída se produce durante los meses de abril a julio (Bradley, R. *et al.*, 2022).

Menos días de lluvia significan más días de sol, por lo tanto, mayor evaporación de las aguas superficiales. El año más seco registrado fue el año 2022 con 596,9 mm, seguido del año 2017 con 661,4 mm de agua caída; han sido estos los valores más bajos desde que se tiene registro. Este último fenómeno logró secar por completo la laguna de Rano Raraku en marzo del año 2018. En mayo del mismo año, hubo fuertes lluvias que volvieron a llenar de agua el humedal, pero la baja de precipitaciones, hizo que nuevamente el 2019 el humedal se secase por completo.

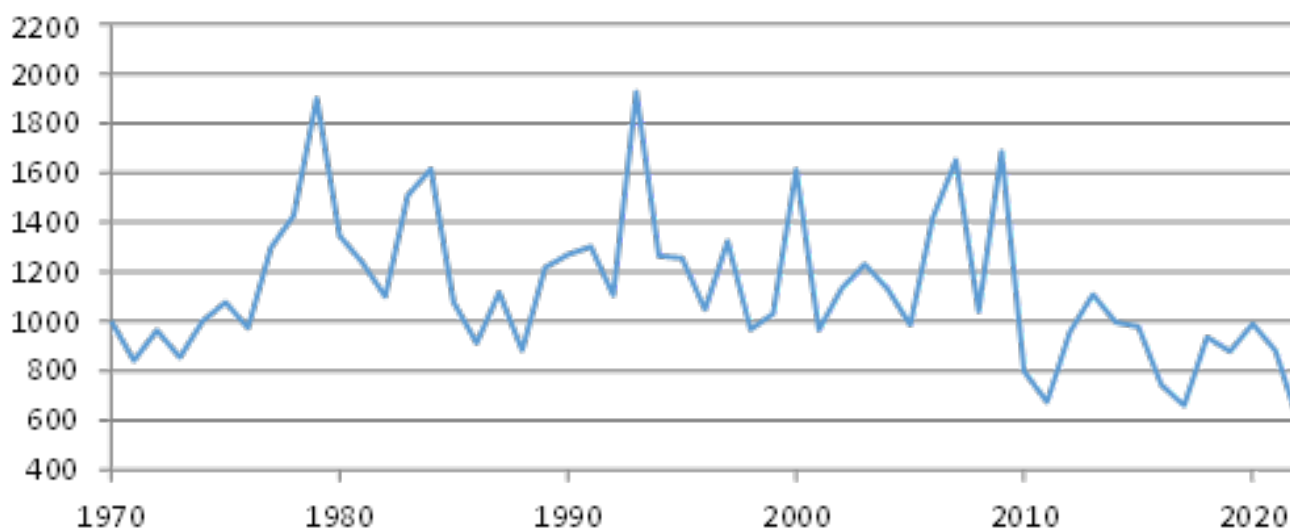


Figura 3. Gráfico de precipitaciones de la Estación Mataverí (DGAC) desde 1970 hasta 2022.
Fuente: Datos Climatológicos de <https://climatologia.meteochile.gob.cl/>

El humedal de Rano Raraku es monitoreado constantemente. Este monitoreo comenzó durante la administración de CONAF Rapa Nui durante su administración del Parque Nacional. Los guardaparques comenzaron a notar cambios en los niveles del agua de la laguna entre 2010 y 2011 (Campbell, 2023). Estos cambios se comenzaron a observar con más detención desde el 2012 aproximadamente, con una baja en el nivel de agua de la laguna.

Como es sabido, históricamente el humedal de Rano Raraku ha sido utilizado para las competencias de Taua Rapa Nui durante la época de la Tapati en los meses de febrero. En esta ocasión, los competidores extraían totora del humedal para confeccionar sus canoas y su flotador *pora* para la competencia. Esta actividad se realizó durante varios años, hasta el 2016 que fue el último año de la competencia adentro del volcán.

Junto a ello, el humedal de Rano Raraku también ha sufrido extracción de agua dulce para la ganadería de los predios cercanos. Se observa una cárcava excavada con maquinaria, la que luego se utilizó para dejar como único acceso al interior del volcán. Aun se observan las mangueras que salen a través de la zanja y otras tuberías de hierro utilizadas para dichas extracciones. Por estas razones, se puede decir que el humedal de Rano Raraku ha sufrido una constante acción antrópica sobre su recurso hídrico.

Por lo tanto, se evidencia el estrés en el humedal, que bajó sus niveles de agua hasta su desecamiento completo el año 2019, al tener de base una extracción informal de aguas y la presencia de tuberías conectadas desde el interior del humedal hacia el exterior de este, a un *puna* o estanque de agua construido específicamente para este propósito, sumado a una disminución de precipitaciones registradas desde 2010 en Rapa Nui (durante el 2018 también se evidenció su desecación, pero luego volvió a llenarse levemente debido a fuertes lluvias que afectaron la isla en un corto periodo).

En los meses que siguieron a su desecamiento, los monitoreos efectuados en el humedal identificaron que la totora cumplía un rol fundamental, que consistía en mantener el suelo húmedo durante los meses de menor lluvia. Es entonces cuando la totora comienza a colonizar las áreas donde antes no había podido hacerlo, se observaban tallos nuevos creciendo en todo lo que fue antes la laguna. Este crecimiento fue rápido y logró cubrir completamente el área al año siguiente.

Especies de flora y fauna relevantes dentro del humedal de Rano Raraku

El cráter de Rano Raraku posee una vegetación de humedal, dominada por la totora *Scirpus californicus* (Cyperaceae) y las herbáceas *Persicaria acuminata* (Polygonaceae), *Cyperus eragrostis* y *Cyperus Polystachyos*, indígenas, pero invadidas por *Psidium guajava*, *Crotalaria grahamiana*, *Cirsium vulgare*, *Asclepias curassavica*, *Pennisetum clandestinum*, *Melinis minutiflora* (Meyer, 2012)

Scirpus californicus (totora; ngaatu)

La totora (*Scirpus californicus*) también sinónimo de *Schoenoplectus californicus* (C. A. Mey) es una especie higrófila y macrófita de raíz acuática y tallos aéreos de la familia de las Cyperáceas que se encuentra distribuida principalmente en el continente americano en las zonas comprendidas entre los trópicos y en algunas de las islas del Pacífico como son la Isla de Pascua, Islas Cook, Hawaii, y Nueva Zelanda (de Lange, Gardner, Champion, & Tanner, 2008; Heiser, 1978; Mardorf, 1985). Según Hidalgo *et al.* (2019), la totora es una especie de rápido crecimiento que depende de los nutrientes del sustrato en donde se está desarrollando, con un ciclo fenológico anual, donde los tallos aéreos se secan y mueren naturalmente cada año y nacen nuevos brotes desde el mismo sistema radicular. La adaptación del junco a diferentes ambientes hídricos, su capacidad de resistencia a factores adversos y su perpetuación por rizomas (Rossi y Tur, inédito) le permite cubrir en breve tiempo grandes extensiones (Tur, 1976). Se ha evidenciado que tolera ambientes con elevadas concentraciones de sales (cloruros y sodios en su mayoría) (Veliz, 2018), las que se concentran en el humedal debido a la evaporación del agua y las sales quedan en la superficie.

Persicaria acuminata (tavari)

En Rapa Nui, la *Persicaria acuminata* es considerada una especie nativa e indígena. Su estado de conservación fue descrito como vulnerable por Dubois *et al.* (2013); sin embargo, se ha introducido en otras áreas húmedas de la isla, donde compite también con el *Scirpus californicus*. Es una herbácea perenne de tallos huecos ascendentes, que alcanza hasta 2m de alto (Dubois *et al.*, 2013). En Rapa Nui, se usa para el tratamiento de alergias.

Como se puede observar en la [figura 4](#), cubre la totora y la «empuja», pues es característicamente trepadora.



Figura 4. Tavari crece sobre totora.

Fuente: Archivo fotográfico Proyecto Humedales de Rapa Nui. 08 de junio de 2021.

Esto ocasiona a veces que la totora muera bajo el tavari, lo que provoca que se acumule y luego se puedan observar pequeños montículos elevados en el paisaje del humedal. Es por esta razón que se le considera invasora a la totora, ya que la desplaza y compite con ella por el espacio.

Cyperus eragrostis (hikukio'e)

Cyperus eragrostis en Rapa Nui es considerada una especie nativa e indígena. Dubois *et al.* (2013) la describe como una herbácea perenne de tallos erguidos de 30 a 80 cm de largo. Su inflorescencia tiene espículas de 8-13mm y frutos en aquenios trígono. Antiguamente se consumían sus tallos en épocas de escasez de alimentos y también ha sido utilizada por la medicina tradicional para los dolores de estómago, ovarios y fracturas.

Cyperus polystachyos (hikukio'e)

Cyperus polystachyos en Rapa Nui es considerada una especie nativa e indígena. Dubois *et al.* (2013) la describe como una herbácea perenne de tallos erguidos de 10 a 75 cm de largo. Su inflorescencia está compuesta generalmente de una sola cabeza que soporta muchas espiguillas. Es muy común y no se encuentra amenazada.

Phaethon rubricauda (Tavake hiku mea-mea)

El ave tropical de cola roja, más conocida como *Tavake hiku mea-mea* en rapanui, se reproduce principalmente en islas de los océanos Índico y Pacífico tropicales (Harrison 1988, Schreiber y Schreiber 1993). Su plumaje es blanco y posee una cola con dos plumas rojas pronunciadas al igual que su pico. Las aves tropicales solo ponen un huevo (Schreiber & Schreiber 1993), característica que la hace aún más vulnerable, por lo tanto, la mediación del éxito reproductivo es proporcional al éxito del nido. En Rapa Nui nidifica en Motu Nui, Rano Raraku y en los acantilados de Poike (Yancovic, 2020). No se tenía mayor información sobre esta especie hasta 2014 cuando Flores *et al.* (2016) realiza una investigación detallada de esta especie, específicamente en Rano Raraku, sobre su colonia reproductiva, principales tipos de nidos, distribución, abundancia, éxito reproductivo y amenazas. De este estudio en los censos de 2014 y 2015, se detectaron 53 nidos, ubicados en el suelo principalmente, que utilizaban raspaduras y grietas naturales de los acantilados, cavidades bajo los *moai* tallados en la roca, en áreas protegidas por rocas o paredes del acantilado y debajo de la vegetación. Sobre las principales amenazas de esta ave en sus sitios de anidación, se observaron el perro y gato doméstico, ratas, el ave chimango caracaras



Figura 5: *Phaethon rubricauda*. Fuente: Marcelo Flores, 2014.

(*Milvago chimango*), conocido como *Manu toke-toke* (o «pájaro ladrón») en rapanui y la hormiga argentina. En otras islas de la Polinesia, se ha trabajado en el control de amenazas, y se obtuvieron resultados positivos significativos (Vanderwerf *et al.*, 2014).

Especies exóticas e invasoras

Con la llegada del hombre blanco en el siglo xviii, se introdujeron también nuevas especies vegetales y a la vez la crianza de una ganadería intensiva. Esto significó una suerte de gracia en su capacidad de sobrevivencia para las especies endémicas. De las especies ganaderas, se introdujo el ganado ovino, bovino y equino principalmente. Junto con el follaje y las plantas que se introdujeron llegaron varias especies introducidas invasoras que fueron ganando terreno con el tiempo. Estas han sido descritas por Dubois *et al.* (2013) y se resumen a continuación:

Melinis minutiflora es una de las herbáceas invasoras con las mayores extensiones tanto en las islas oceánicas como en los ecosistemas tropicales del mundo (Kueffer *et al.*, 2010; Zenni y Ziller, 2011). Se ha observado que las especies han demostrado una reducción en su biodiversidad que afectan los procesos en los ecosistemas donde invade (Yelenik and D'Antonio 2013; Rossi *et al.* 2014; Eller and Oliveira 2017).

Psidium guajava, más conocida como *tuava* en Rapa Nui, es una planta originaria de América tropical, encontrada en zonas secas y abiertas, sabanas, orillas de bosque y de ríos. Es un árbol de no más de 5 m de alto, conocido por su porte tortuoso y su corteza lisa color verde a rojo que se descama en placas. Da un fruto carnoso comestible de color amarillo con pulpa rosada

que contiene numerosas semillas en su interior. Es muy apreciada por la comunidad, también por los caballos.

Crotalaria grahamiana o chocho, es originaria del sur de India. Fue introducida en Rapa Nui en 1975 para luchar contra la erosión. Se propagó rápidamente en los años 80, formó cubiertas densas en las orillas de los caminos y en las zonas de pastizales. Es un pequeño arbusto perenne que alcanza los 2 m de altura. Se reconoce por sus hojas compuestas de 5 a 7 filiolos, sus inflorescencias amarillas y sus vainas cortas que contienen las semillas.

Cirsium vulgare o cardo, *kaiore* en Rapa Nui. Es una especie heliófila, coloniza principalmente las zonas abiertas. Un individuo puede producir hasta 8000 semillas al año. Fue introducida en los años 70 y se observa en toda la isla, con infestaciones graves en Poike, Terevaka y Rano Kau. La dispersión de sus semillas por el viento ha causado una invasión explosiva. Es una herbácea bianual que alcanza hasta los 1.5 m de altura. Posee grandes rosetes de hojas espinosas y sus inflorescencias rosadas a purpúreas se producen en el segundo año de crecimiento. Sus aquenios son dispersos por el viento llegando a grandes distancias.

Fuego en Rano Raraku

El fuego es una de las principales perturbaciones a las que puede verse sometida la vegetación. Debido a ello, las especies vegetales han desarrollado mecanismos para sobrevivir al fuego o para persistir tras su paso, como su capacidad de rebrotar y de desarrollar nuevos individuos inmediatamente después del fuego, a partir de bancos de semillas (Torres, 2012).

Hoy en día se puede observar que donde abundan pastizales con especies nativas e invasoras, los individuos que logran desarrollarse después de un incendio y con mayor facilidad y rapidez, son las especies introducidas. Es así como las especies nativas han disminuido notablemente su presencia y abundancia en el territorio.

Es importante conocer los rasgos funcionales de las especies que habitan en estos tipos de ecosistemas, ya que con ello se puede determinar el impacto en la resiliencia de la comunidad. Rapa Nui lleva décadas con la práctica instaurada de la ganadería de quemar el pasto para que crezca nuevo más tierno y firme. El paisaje de la isla es predominantemente de pastizales, lo que le otorga la característica de ser de suelos propensos a incendios. El fuego es una importante

perturbación natural, que logra cambiar la función de un ecosistema y su composición. El fuego afecta directamente al suelo y especialmente a las especies que no son móviles —como la flora y microfauna—, a las aves en sus nidos, entre otros. La evaluación de la dinámica de recuperación vegetal post incendio es importante de conocer como estrategia para la restauración natural de ambientes susceptibles a incendios. Sin embargo, si en el lugar predominan las especies invasoras, entonces se deben tomar acciones que prevalezcan en el tiempo y en donde se evalúen las especies nativas de menor combustión, en un escenario de alta vulnerabilidad.

El 04 de octubre de 2022 ocurrió un grave incendio en Rano Raraku y sus alrededores. Este incendio comenzó en el lado noroeste de Rano Raraku el día anterior, 03 de octubre.

El incendio en el humedal tuvo una duración de aproximadamente 2 meses, debido principalmente al material en combustión presente en el humedal. Al ser compuesto por turba —materia orgánica que se ha estado acumulando por años— esto ocasionó que el fuego penetrara hacia adentro de la turba, provocando un incendio subterráneo. Este tipo de incendios es muy peligroso, ya que el fuego va buscando focos de combustible los que dan lugar a nuevos incendios.

El nivel de impacto del fuego fue muy alto, ya que no solo afectó el patrimonio natural de Rano Raraku y sus alrededores, sino que también a todo el patrimonio arqueológico en el área.



Figura 6. Amplitud del incendio, vista aérea desde el NW al SE, Rano Raraku.
Fuente: Vuelo Drone STP Rapa Nui en colaboración con Ma'u Henua (06-10-2022).

Metodología

Recopilación bibliográfica

En esta etapa se recopilieron antecedentes de investigaciones y estudios realizados en el área afectada, los que incluyeron investigaciones sobre flora, fauna, geología, hidrología e incendios principalmente. La información recopilada en esta etapa permitió enfocar los temas de análisis para las recomendaciones finales.

Definición de áreas de estudio

En la **figura 7**, se muestra el área que cubrió el incendio del 04 de octubre de 2022.

La metodología realizada analizó preliminarmente los daños ocurridos dentro de esta área (**figura 1**), donde se priorizó el área más afectada, el humedal en su totalidad. Luego, se realizaron transectas en las laderas

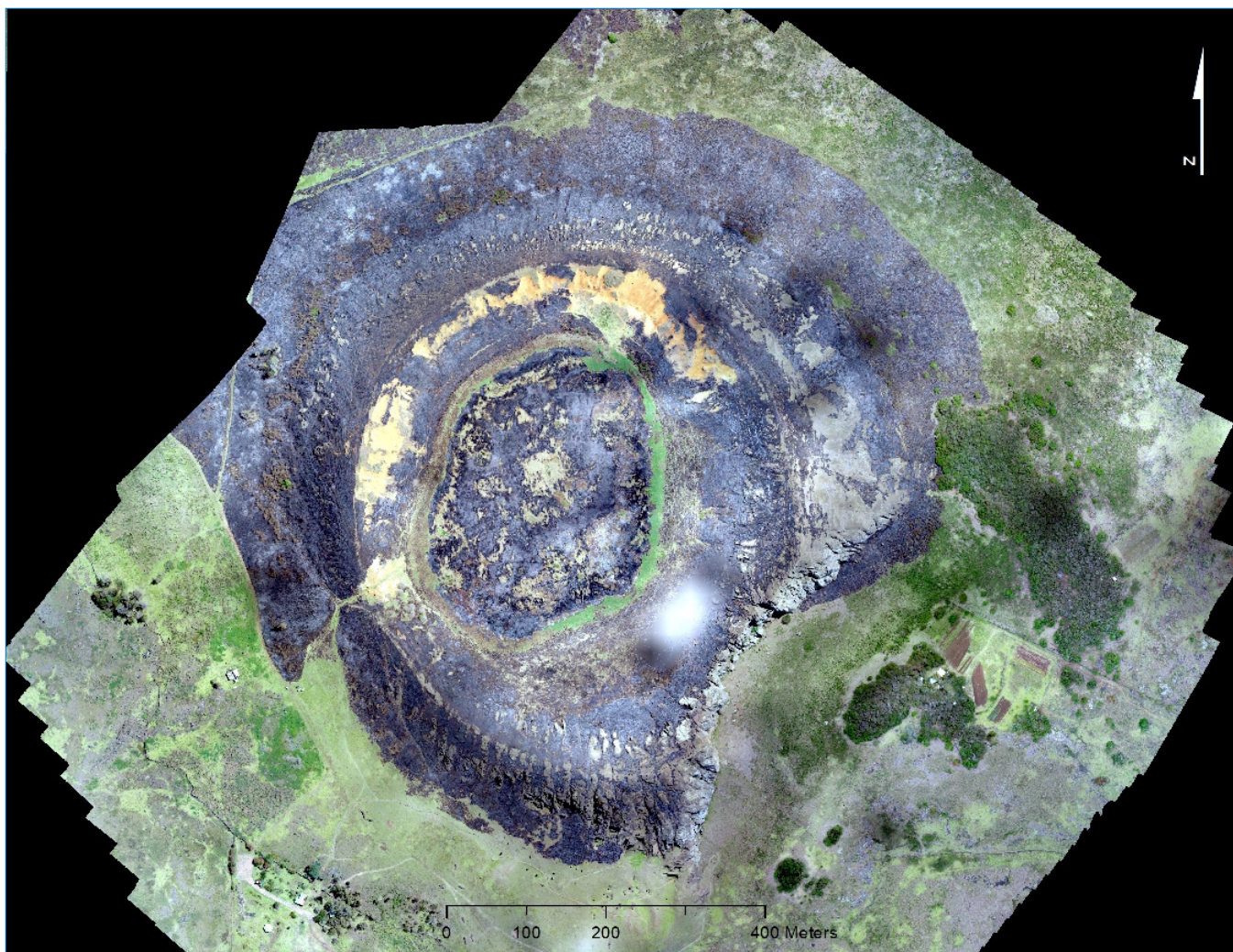


Figura 7. Ortofoto Fuente: Archivo Ortofoto de dron para Proyecto Humedales de Rapa Nui. 06 de octubre de 2022.

del volcán para evaluar principalmente el estado de la flora, dado que en los meses posteriores al incendio se observó que la especie *Crotalaria grahamiana* (chocho) se estaba desarrollando rápidamente en el área. Y finalmente se procedió a evaluar el estado de las zonas de nidificación de las aves que han anidado históricamente allí en la zona.

Por esta razón para determinar los daños causados por el incendio en Rano Raraku, se procedió a dividir en tres las zonas de estudio: el humedal, las laderas y las zonas de nidificación:

Registro y documentación de información

Humedal de Rano Raraku

Se procedió a registrar el humedal mediante transectas en zigzag para evaluar las siguientes variables:

- Estado del suelo, grietas y profundidad de ceniza: se analizó el estado y la estabilidad del suelo en diferentes áreas del humedal con datos preliminares conocidos desde el desecamiento del humedal. Junto con ello, también se analizó la información recopilada por el voluntariado científico de geólogos 2023¹ que analizó la profundidad que llegaba la ceniza en ciertos puntos dentro del humedal.

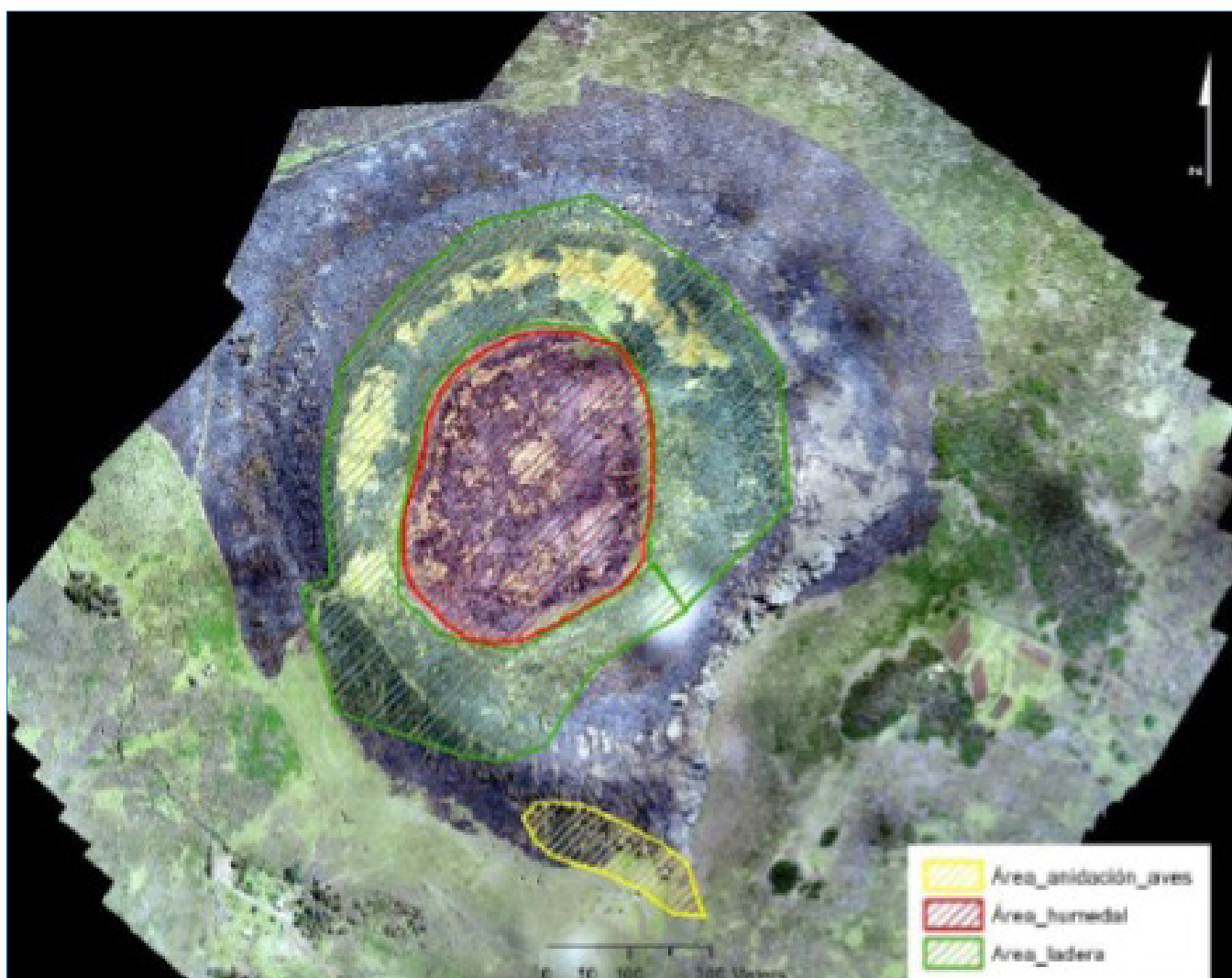


Figura 8: Área afectada y áreas zonificadas para análisis.

Fuente: Archivo Ortofoto de dron para Proyecto Humedales de Rapa Nui. 06 de octubre de 2022.

¹ Grupo integrado por profesionales de tres universidades en Chile: Universidad Bernardo O'Higgins, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Conaf.

- Análisis de imágenes satelitales y dron: se complementó la información de campo con el análisis de imágenes. Con esto, se evaluaron los cambios en las coberturas y estructura de la vegetación antes y después del incendio.
- Estado de la flora: se registró la presencia y abundancia de especies de flora, tanto nativa como exótica. Esto incluyó la identificación de especies, su georreferenciación, densidad y evaluación del estado de regeneración y crecimiento de plantas.
- Presencia de fauna mayor: se registró la presencia de fauna mayor mediante imágenes de huellas y rastros.
- Presencia de fauna menor: se registró de una forma preliminar la presencia de fauna menor. Dado que esto conlleva un mayor análisis y búsqueda de información bibliográfica es que se tomaron muestras de fauna que llamó la atención de la investigadora, al realizar peritajes en terreno junto al personal de CONAF durante enero y febrero. Luego al volver a realizar las transectas, se procedió a tomar muestras y enviarlas al Laboratorio de Genética de la Universidad de Chile y a análisis morfológico con especialistas de la misma universidad.

Ladera interior y exterior del volcán

Se procedió a evaluar el estado de la flora en las laderas del volcán mediante transectas lineales en el interior del volcán y, por el exterior, mediante registro fotográfico, dada la dificultad del terreno y presencia de elementos arqueológicos.

- Estado de la flora: se registró la presencia preliminar de especies de flora, tanto nativa como exótica. Esto incluyó la identificación de especies y su georreferenciación. Se utilizó registro fotográfico para determinar la presencia de especies de flora predominantes en la ladera exterior.

Zonas de nidificación de aves

Se procedió a visitar las áreas de nidificación de la especie *Phaethon rubricauda* (*Tavake hiku mea-mea*). Para ello, participó también Graciela Campbell, guardaparques de CONAF, con más de 10 años de experiencia en Rano Raraku y en el humedal de Rano Kau.

En la visita se evaluó:

- Estado de ocupación del área de nidificación
- Observación del área que rodea el punto de nidificación
- Registro fotográfico
- Georreferenciación

Cabe señalar que durante la época del año cuando se hizo el levantamiento “fin de verano-otoño” no se encuentran especies nativas anidando, pero sí se observan especies volando en las cercanías.

Integración de información actual del incendio: se utilizó información recopilada por diferentes fuentes, las que se señalan a continuación:

- Voluntariado científico de Geología, grupo integrado por profesionales de tres universidades chilenas: Universidad de Chile, Universidad Bernardo O’Higgins y la Universidad de Concepción. Este voluntariado evaluó mediante un prediagnóstico la afectación del incendio en el humedal.
- CONAF Rapa Nui: Conaf monitoreó mediante un dron térmico los puntos más calientes del fuego durante los días que duró el incendio para que la brigada de incendios procediera a actuar en mayor precisión y luego compartió esa información con la investigadora.

Para efectos del presente informe, no se describen las especies mediante una caracterización ni análisis de su distribución, sino más bien identifica especies y evalúa su presencia antes y después del incendio y si esta se considera nativa o exótica.

Resultados

El Humedal

Análisis previo al incendio

Como se describió anteriormente, el humedal de Rano Raraku se encontraba sin agua y tapado de totora en su totalidad el día del incendio, junto a otras especies como el tavori y *cyperus polystachios*, en mismo orden de predominancia. Si bien no se tienen mayores antecedentes sobre la humedad que poseía la turba durante el transcurso del año, ni mayores datos específicos, sí se pudo constatar en terreno que la vegetación mantuvo cierta humedad en el suelo, ya que si bien en algunos casos estaba seco en la superficie, se presentaba húmedo al tacto en los primeros centímetros de profundidad. El 2022 fue el año más seco de la historia desde que se tienen registros, con 596.9 mm de agua caída. Se observaron varias zonas dentro del humedal con totora seca. Al mismo tiempo, alrededor del humedal se empezaron a formar grietas. En enero del 2023, el grupo de geólogos voluntarios corroboró la formación de grietas que se crean en cuencas que han sido históricamente inundadas de agua. Al secarse el sedimento, el suelo se contrae y forma estas grietas que se «acomodan» con el tiempo para ir asentándose en la topografía del terreno.

Fuego en el humedal

El fuego alcanza el humedal el día 04 de octubre de 2022. Este logra afectar la totalidad del humedal. Los focos se mantuvieron durante dos meses activos y se desplazaron por la turba del humedal de forma subterránea, en donde se observaba el humo emerger de las fumarolas, nombre que se le dio para el entendido de todas las personas. En este proceso, CONAF Rapa Nui trabajó con un sistema de detección de temperatura a través de un dron con sensor térmico, que ayudó a determinar cuáles eran los puntos focales que había que atacar durante la jornada.

A modo de ejemplo en la **figura 9**, se muestra la diferencia entre una imagen en el rango visible y una imagen térmica del mismo área.

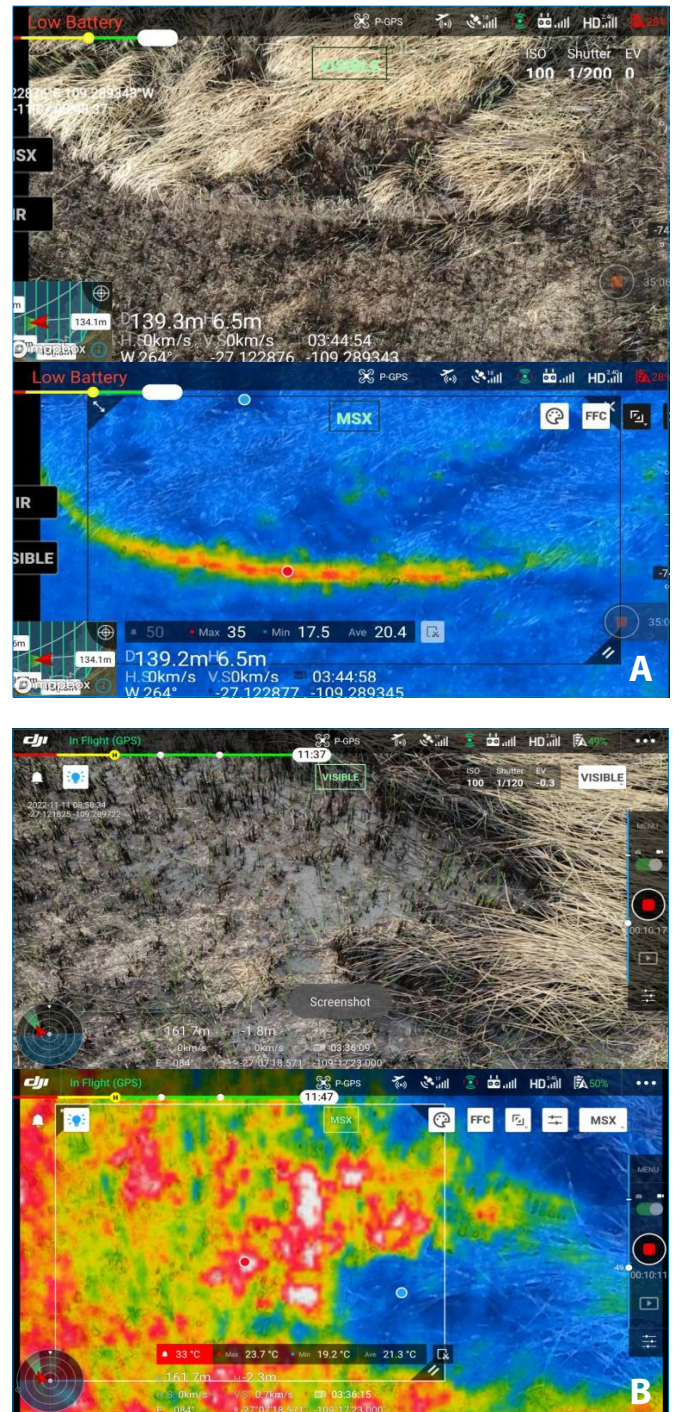


Figura 9. Ejemplos de imágenes adquiridas con dron lente normal versus lente térmico. A. Línea de fuego que bordea área de turba con diferente nivel de altura. B. Área del humedal que se quema. No se observa el fuego en la superficie, pero el lente térmico logra identificar el incendio subterráneo.

El suelo del humedal

Se puede reconocer en terreno dos niveles del suelo en el humedal de Rano Raraku. Un nivel corresponde al área donde estuvo inundado de agua (o el espejo de agua) y el otro corresponde al área donde se encontraba la totora permanentemente asentada, que corresponde al lado este del humedal. Las islas de totoras flotantes que se mueven con el viento también corresponden a este último nivel.

En el mapa, se observa la zonificación del área, que ha sido llamada «área de totora permanente» (para efectos de este informe) y el área del espejo agua. En terreno, se observa que el nivel al que se encuentra la totora permanente es de aproximadamente 50 a 100 cm de altura por sobre el nivel donde estaba el agua. Al secarse el humedal y luego del posterior incendio, este nivel superior perdió su compactación debido a la humedad y a las plantas, y presentó gran cantidad de grietas y un suelo mucho más inestable. No es posible caminar por esa área sin que se hunda o se resquebraje. Se hace necesario, de esta forma, impedir el paso en esa área. Se observa que es una acumulación de tallos de totora que se han ido acumulando en el tiempo. Esto se logra ver en las siguientes imágenes.

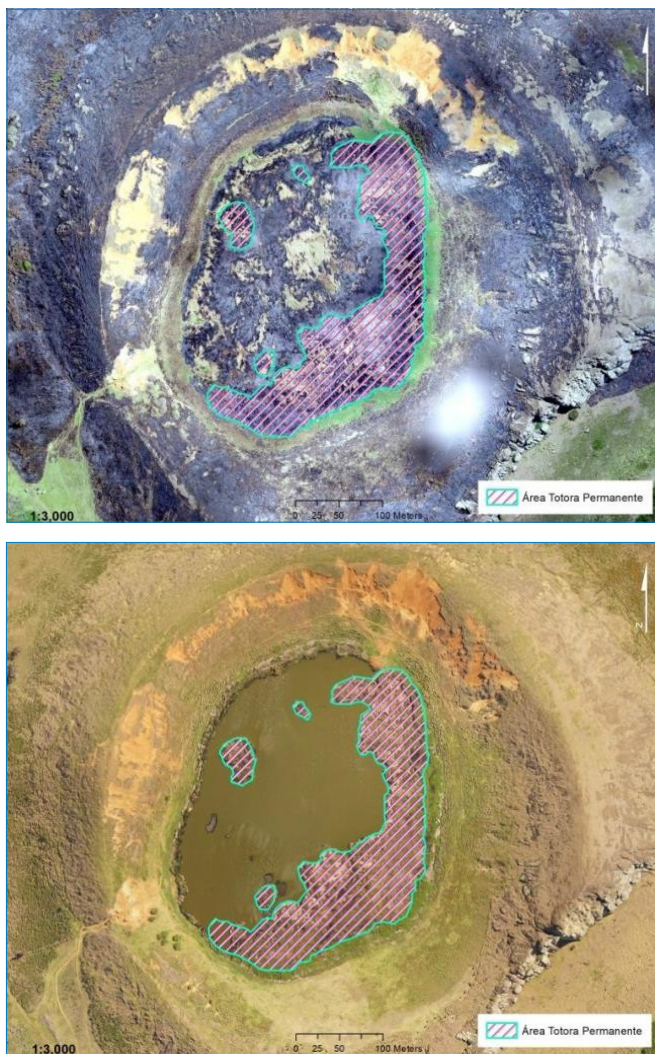


Figura 10. Área de totora permanente sobre área incendio y cómo se veía antes del desecamiento del humedal.



Figura 11. Vista de los diferentes niveles que se observan y el suelo inestable.

Impacto de los daños causados por el incendio en el ecosistema de Rano Raraku

Estado de la flora totora (*Cyperus californicus*)

Posterior al desecamiento del humedal, la totora caracterizada por colonizar sedimento poco profundo, comienza a colonizar todas las áreas que fueron antes cubiertas de agua. Junto a la totora también crecen en estas áreas, pero en menor cantidad, tavarí (*polygonum acuminatum*).

Entre 2019 y el 2022, se observó un aumento considerable de totora dentro del humedal. El ecosistema léntico del humedal hace que la totora se asocie a la presencia de agua que es abundante en el lugar. Al morir la totora, se seca y se va acumulando en el suelo. Con la ayuda del agua de lluvia y la humedad, la totora se va descomponiendo. Sin embargo, en condiciones de menores precipitaciones anuales, su

velocidad de descomposición es más lenta y se van acumulando tallos secos de totora como se observa en la fotografía.

Todos los análisis se han efectuado mediante observación en terreno de la especie, no se han llevado a cabo análisis más complejos sobre la totora en el medio.

Impactos

Se observa en la mayoría de las áreas de totora quemada que el tallo fue afectado en mayor proporción, observándose tallos carbonizados. Esto se aprecia en las imágenes obtenidas dos días después del siniestro (06/10/2022). Se observan las grietas en el suelo y la totora carbonizada. Las manchas café claras son totoras secas. El suelo se observa cubierto de ceniza. Mucha de esa ceniza provenía de la totora muerta que se acumulaba en el suelo. Se observan también los rizomas carbonizados.



Figura 12. Registro fotográfico del humedal dos días después del incendio (06/10/2022).



Figura 13. Registro fotográfico del 28/10/2022: Campaña extracción de cardos.

Las lluvias posteriores comenzaron en enero y provocaron la deposición de las cenizas en el suelo. Al ser material orgánico, las cenizas resultantes suelen contener nutrientes que eran parte de la materia orgánica de la planta. Por lo tanto, al depositarse en el suelo, estos elementos se incorporan en él y pueden ser absorbidos por las plantas para su crecimiento y desarrollo.

Las fuertes lluvias posteriores al incendio provocaron las deposiciones y lixiviaciones de la ceniza al suelo, lo que provocó también el hallazgo del *moai* al interior del humedal. Esto se evidenció, gracias a imágenes de dron

realizadas del 06/10/22 y posteriormente el 07/02/23, en donde al comparar las imágenes en el punto donde se realizó el hallazgo, este se encontraba tapado de ceniza en la primera imagen y luego se observa la piedra desnuda en la segunda imagen.

Finalmente se observa en los registros realizados durante el mes de marzo del presente año, la presencia de las siguientes especies de flora al interior del humedal. Estos se describen en la siguiente tabla.

En el siguiente mapa, se identifican los puntos de análisis y observación de flora exótica, junto a otras observaciones descritas en la tabla siguiente.



Figura 14. Registro fotográfico 01/04/2023.

Tabla 1. Plantas exóticas invasoras en el humedal.

Nombre rapanui	Nombre común	Nombre científico
Kaiore	Cardo	<i>Cirsium vulgare</i>
Mauku piro		<i>Melinis minutiflora</i>
Mauku piro		<i>Melinis repens</i>
		<i>Conyza bonariensis</i>
	Linterna china	<i>Physalis sp.</i>
Mauku haha	Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i>
	Flor de sangre	<i>Asclepias curassavica</i>
Hitu ua ua	Siete venas	<i>Plantago lanceolata</i>
Chocho		<i>Crotalaria grahamiana</i> <i>Crotalaria pallida var. obovata</i>
Piri piri		<i>Bidens pilosa</i>
	kikuyu	<i>Pennisetum clandestinum</i>
		<i>Sida rhombifolia</i>
Herepo	Espinaca de Nueva Zelanda	<i>Tetragonia tetragonioides</i>
		<i>Lepidium bonariense</i>

Tabla 2. Plantas nativas en el humedal

Nombre rapanui	Nombre común	Nombre científico
Ngaatu	Totora	<i>Scirpus californicus</i>
Tavari		<i>Panicum acuminata</i>
		<i>Cyperus polystachyos</i>
Hikukio'e	pasto	<i>Cyperus cyperoides</i>
Toroko		<i>Sorghum halepense</i>
Mauku haha	Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i>
		<i>Macroptilium lathyroides</i>
Heriki Hare		<i>Axonopus paschalis</i>

En los puntos HU4 al HU10 es donde se concentra la mayor cantidad de plantas. Estas se observaron en todos sus estados, ya sea germinando, en crecimiento, en flor y con sus frutos en el suelo. Los puntos HU12, HU15-HU17 son áreas de plantas invasoras, donde solo se observaron *Cirsium vulgare* y *Melinis repens* en menor cantidad, sin embargo, se encuentran en un área de difícil acceso.

Por otro lado, la turba superficial se aprecia como un manto de sustrato compuesto de totoras en el nivel más externo. En el la **figura 10** se determinan dos niveles del humedal. El primer nivel es donde hubo agua históricamente, donde se apreciaba el espejo de agua en su totalidad. El segundo nivel es donde estaban las totoras y el tavarí desarrollándose.

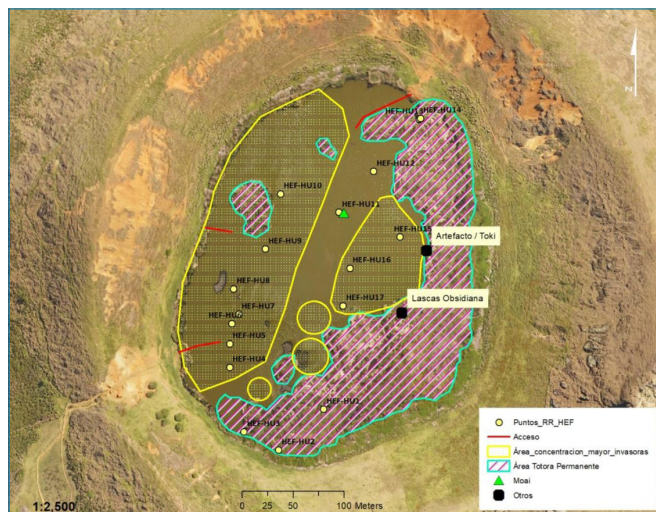


Figura 15. Zonificación del área del humedal según resultados de los hallazgos en terreno.

Tabla 3. Resultados de lo observado en cada punto georreferenciado.

Código	Coordenadas UTM N / E	Observaciones
HEF-HU1	6998754 / 669577	Área de totora permanente, fue punto caliente por varios días. Suelo muy inestable. Profundidad de aproximadamente 1m. Presencia gasterópodos.
HEF-HU2	6998714 / 669533	Área de hoyos en el suelo que bordea el humedal. Alcanza hasta 1m de profundidad.
HEF-HU3	6998732 / 669499	Área de totora permanente, fue punto caliente por varios días. Suelo muy inestable.
HEF-HU4	6998795 / 669485	Área con <i>Cyperus polystachyos</i> y <i>kikuyu</i> . Cardos pequeños.
HEF-HU5	6998818 / 669485	<i>Cyperus polystachyos</i> .
HEF-HU6	6998838 / 669487	<i>Cyperus polystachyos</i> / totora / toroko / cardo / otras invasoras.
HEF-HU7	6998847 / 669494	Cilindro metálico enterrado de acero inoxidable 98 cm sobre el suelo con marcas cada 25cm. La totora lo cubre hasta la mitad.
HEF-HU8	6998872 / 669489	<i>Physallis</i> predomina, está junto a tavarí y cardo.
HEF-HU9	6998911 / 669520	Zona de muchas grietas pequeñas entre 30-60cm profundidad. Predominan totoras y <i>C. polystachios</i> .
HEF-HU10	6998965 / 669535	Totoras pequeñas recién creciendo sin semillas. Se observan moscas.
HEF-HU11	6998947 / 669592	Área de hallazgo <i>moai</i> . El punto corresponde al área donde se extrajo material de la turba para tapar <i>moai</i> . Área de 1,90 x 1,20 cm. Se encuentra cubierto con totora seca y quemada.
HEF-HU12	6998987 / 669626	Hoyos de perros. Huellas de perros. Se observaron 4 hoyos cavados por perros. Tenían sus huellas en la turba húmeda.
HEF-HU13	6999038 / 669671	Alta concentración de gasterópodos. Se observó lo que era isla de totora flotante.
HEF-HU14	6999039 / 669672	Alta concentración de gasterópodos. Se observó lo que era isla de totora flotante.
HEF-HU15	6998947 / 669594	Presencia de cardos en variados tamaños.
HEF-HU16	6998892 / 669602	<i>Melinis repens</i> y cardo.
HEF-HU17	6998855 / 669595	<i>Melinis repens</i> (mauku piro).

Otros hallazgos

Se encontró accidentalmente material arqueológico correspondiente a:

- Artefacto: *Toki*. Artefacto de basalto de aproximadamente 19 × 8cm encontrado bajo una capa de aproximadamente 40 cm de turba quemada. El área donde se encuentra es sobre la totora permanente.
- Material lítico: Lascas de obsidiana. Se observó un área de gran cantidad de fragmentos de obsidiana. En la misma área del *toki*.

Fauna mayor

Ganado

Posterior al desecamiento del humedal, se continuó observando la llegada de animales que entraban a pastorear al volcán, ya sea para acercarse a los bordes del humedal, en búsqueda de agua, para comer la totora tierna del borde o simplemente para pastorear o costumbre. El día de los registros fotográficos, se observó un caballo muerto dentro del humedal, evidencia de ganado en las laderas y en el borde del humedal. Lamentablemente, aunque se hayan hecho los esfuerzos por cerrar los cercos alrededor del volcán, estos siguen siendo destruidos, ya sea por lo animales o por causas que se desconocen, y por lo tanto, no se ha logrado mantener a los animales fuera del área. Esto sigue ocasionando una erosión en las laderas de gran envergadura, lo que empeora sus condiciones. Hay caballos y vacas tanto adentro del cráter como afuera.

El daño de la ganadería en la isla es de gran amplitud, ya que es transversal. Día tras día, se puede observar cómo afecta el patrimonio arqueológico, el recurso hídrico, el patrimonio natural, pues transporta semillas a través de las fecas por todos lados de la isla y destruye cercos, entre otros. Es indispensable poder contar con un programa de ganadería regenerativa y controlada, en donde las cabezas de ganado disminuyan su número ya que supera en creces la capacidad de carga del territorio.

A lo largo de los años, se ha tratado de concientizar a la comunidad sobre los efectos negativos que trae la ganadería incontrolada. Si bien parte de la comunidad entiende los efectos negativos que esto trae, ha sido muy difícil trabajar con los ganaderos. Éstos funcionan de manera independiente y mantienen un ganado para poder controlar terrenos, sin embargo, no hay control sobre los propios animales.



Figura 16. Artefacto de basalto, *Toki*, encontrado dentro del área del humedal.

Los impactos que esto ocasiona son los siguientes:

- Erosión de gran magnitud de las laderas del volcán
- Introducción de semillas de plantas invasoras a través de las fecas
- Consumo de agua
- Consumo de plantas nativas
- Destrucción de cercos
- Imposibilidad de poder generar programas de restauración de suelos con la presencia de ganado en el lugar.

Perros y gatos

Se observaron fecas de animales domésticos al interior del humedal. Se presenciaron también dos perros al interior del humedal el día 23-03-2023. También se observaron gatos domésticos en el área de la entrada al sitio.

En la isla, los perros principalmente persiguen a las personas en busca de alimento o cariño. Muchos han llegado a los sitios de visitación persiguiendo turistas que van a pie o bicicleta. También se observan perros vagos alrededor de la isla y generalmente se quedan cerca de los sitios de visitación para obtener comida.

Los impactos que esto ocasiona son los siguientes:

- Alteraciones en el sedimento del humedal
- Consumo de agua
- Daño a la avifauna del lugar



Figura 17. Izq. Caballos dentro del cráter de Rano Raraku (02-12-2020). Der. Evidencia fecas de caballo en la entrada al humedal (28-10-2022). Archivo Estudio de los Humedales de RN.



Figura 18: Arriba de izq a der. Perro adentro del humedal, fecas y huellas de perro. Abajo. Hoyos realizados por perros, donde se observan sus huellas.

Fauna menor

Presencia de molusco gasterópodo (caracol terrestre) sin identificación

Se observó la presencia de un molusco en el humedal Rano Raraku, tal como se aprecia en la **figura 19**. Estas fotografías se enviaron a especialistas en moluscos de la Universidad de Chile y USACH, quienes concluyeron que las características físicas del ejemplar guardan similitudes con la especie zonitoides, aunque se trata de una identificación tentativa basada únicamente en las imágenes. Por lo tanto, no se puede confirmar con certeza la especie en cuestión.

Se recolectó una muestra de 6 individuos vivos, los cuales fueron depositados en un frasco con algodón cubierto en una solución de alcohol. Las muestras fueron rotuladas y enviadas a Santiago al Laboratorio de Ecología y Genética para analizar su ADN.

La identificación precisa de esta especie es crucial, dado que no hay registros bibliográficos previos de su presencia en la isla. Es posible que haya llegado a la isla y colonizado el humedal de alguna manera. De tratarse de una especie invasora, que es lo más probable, será necesario estudiar sus efectos en el medioambiente, ya que podría alterar el ciclo vital de otras especies.

Características físicas del molusco:

- **Tamaño:** las especies recolectadas median entre 3 a 6 mm de diámetro.
- **Color:** se encontraron algunas muestras de color café claro, de un tono vidrioso, semi transparente. Muchas de las especies estaban blancas, por lo que se presume que ya estaban calcinadas.

Plantas invasoras en la ladera interior y exterior

Se identificaron las siguientes especies en las transectas realizadas por la ladera interior afectada:

Tabla 4. Plantas exóticas invasoras en las laderas del volcán de Rano Raraku.

Nombre rapanui	Nombre común	Nombre científico
Chocho	Chocho	<i>Crotalaria grahamiana</i>
Mauku piro		<i>Melinnis minutiflora</i>
Tuava	Guayava	<i>Psidium guajave</i>
Hitu ua ua	Siete venas	<i>Plantago lanceolata</i>
Piri piri		<i>Bidens pilosa</i>
		<i>Macroptilium lathyroides</i>



Figura 19. Grupo de gasterópodos dentro del área del humedal.

Por la ladera exterior sur, se observa gran cantidad de *crotalaria grahamiana* en crecimiento, junto a otras especies en menor cantidad. Desde las siguientes semanas después del incendio, se observó una vasta cantidad de esta especie germinando en las laderas. También se observó crecimiento de *melinnis minutiflora*, pero más lento que la *crotalaria grahamiana*.

En la ladera interior sur, se observa gran cantidad de chocho en tamaños desde 10 cm aproximadamente hasta los 50 cm promedio. Éste predominaba en el paisaje, junto a especies carbonizadas, pero se observó que por debajo crecían pequeños tallos. Por lo tanto, se deduce que la planta se encuentra activa en su base y raíz y es capaz de seguir creciendo.

Zonas de nidificación de aves

Se visitaron los lugares de anidación del ave conocido en Rapa Nui como *tavake* (ave del trópico de cola roja / *phaethon rubricauda*). El *tavake* corresponde a un ave marina que suele anidar en el acantilado de Rano Raraku y en pequeños aleros que se forman de los *moai* que aún se encuentran adheridos a la cantera.

Se visitaron 10 lugares donde se sabe que ha nidificado el ave. Participó también Graciela Campbell Riroroko, guardaparques de Conaf, quien ha realizado observaciones y catastros del *Tavake* en Rano Raraku por más de 10 años.

El día que se realizó la visita se encontraba lluvioso y nublado. Se presenciaron afloramientos de agua que caían desde arriba del manto rocoso en varios puntos de la cantera. Los resultados se describen en la **tabla 5**.

Tabla 5. Estado de las áreas de anidación del *tavake* en Rano Raraku.

Descripción del lugar	RR-N1. Área bajo el alero rocoso
Coordenadas UTM N/E	6998473 / 669608
Observaciones	Área de anidación sin ocupación. No se observa evidencia de aves recientes en el sector. Debido a las lluvias recientes, se observa gran cantidad de agua acumularse en el lugar. Hacia el este baja el agua por el afloramiento rocoso.



Descripción del lugar	RR-N2. Sector nido Kon-tiki. En esta área hay al menos 6 puntos de anidación de aves.
Coordenadas UTM N/E	6998469 / 669651
Observaciones	En este punto se encuentran más de 3 áreas de anidación, uno está bajo el alero rocoso y los demás bajo los <i>moai</i> acostados en posición supina en la cantera. Área de anidación sin ocupación. Tampoco se aprecia evidencia de aves recientes. Se observa que el área fue afectada por el incendio, el alero rocoso tiene restos de zonas carbonizadas y el pasto también parece carbonizado.



Descripción del lugar	RR-N3. Sector panal de abeja
Coordenadas UTM N/E	6998463 / 669670
Observaciones	Área de anidación sin ocupación. No se observa evidencia de aves recientes en el sector. Se observa un panal de abejas en la parte del muro este. La zona de anidación ocurre en el <i>moai</i> que se observa al lado del panal y bajo los <i>moai</i> que están más arriba (en la escalera). Las aves anidan bajo los <i>moai</i> . Se observa que parte del área no fue afectada por el incendio, pero sí en los puntos de anidación más arriba.



Descripción del lugar	RR-N4. Área bajo cabeza de <i>moai</i> por el lado norte y sur bajo el <i>moai</i> .
Coordenadas UTM N/E	6998445 / 669687
Observaciones	<p>Área de anidación sin ocupación. Se encuentra con bastante agua por la lluvia reciente. Se encuentra con los pastos que lo rodean cortados recientemente (área despejada). Se aprecia que hubo corte de Toroko, <i>Sorghum halepense</i> alrededor del <i>moai</i>.</p> <p>Se observa en las imágenes que el punto de anidación bajo la cabeza de <i>moai</i> no se quemó ni tampoco el <i>moai</i>. Sin embargo, sí se quemó todo alrededor de la cabeza.</p>



Descripción del lugar	RR-N5. Sector Escalera de <i>moai</i>
Coordenadas UTM N/E	6998432 / 669751
Observaciones	<p>No se observa evidencia de aves recientes en el sector. En esta área se encuentran varios puntos de anidación localizados debajo de los <i>moai</i>, donde se logra formar un tipo de alero que protege el nido.</p> <p>Se observan restos de plumas, pero es indeterminado si son o no recientes.</p> <p>Esta área no fue afectada por el incendio.</p>



Descripción del lugar	RR-N6. <i>Moai</i> 'liti-'liti y alero borde del sendero.
Coordenadas UTM N/E	6998391 / 669778
Observaciones	<p>No se observa evidencia de aves recientes en el sector.</p> <p>Acá hay un punto bajo el <i>moai</i>'liti-'liti donde no se observa ocupación y luego hacia el costado del sendero se encuentra otro punto de anidación sin ocupación reciente.</p> <p>Esta área no fue afectada por el incendio.</p>



Conclusión zonas de nidificación de aves

De acuerdo con Graciela Campbell, experta en aves de Rano Raraku, el Tavake suele llegar al área de Rano Raraku entre mayo y junio. Durante este período, el ave inspecciona el entorno y busca un nicho apropiado para anidar. Esta podría ser una de las razones por las que no observamos Tavake durante nuestras salidas a terreno. Otra posible explicación es la presencia de perros en la zona. El Tavake es una especie delicada y, según Campbell, es probable que la presencia de otros animales, junto con los efectos del incendio y las intensas lluvias registradas entre marzo y abril, haya impulsado al Tavake a buscar otros lugares para anidar, no necesariamente en Rano Raraku.

Los sectores RR-N1 a RR-N4 resultaron afectados directamente por el incendio. Aunque el incendio no afectó a los sectores RR-N5 y RR-N6, se examinaron sus condiciones para determinar si el evento había influido en su ocupación. A partir de estos hallazgos, se concluye que se requiere de un monitoreo constante en la zona para verificar si el Tavake volverá a anidar en Rano Raraku este año.

Recomendaciones: Objetivos y líneas de acción

Objetivo 1: Asegurar los trabajos a realizar adentro del humedal de RR, resguardando la integridad del humedal

Línea de Acción 1.1: Recomendaciones para trabajos al interior del humedal

En caso de realizar excavaciones, investigaciones, extracciones de plantas invasoras u otro tipo de trabajo dentro del humedal, se deberán tomar los siguientes resguardos antes de comenzar los trabajos *in situ*, estos son:

- Identificar el área de trabajo donde se realizaran las actividades
- Evaluar un único acceso al lugar, tomando en cuenta los accesos identificados en el mapa de la Figura 15. Evitando así el ingreso por el lado Este. Si el trabajo es de extracción de plantas, evaluar más accesos, pero siempre utilizando los mismos. Hay que evitar crear más entradas, ya que estas son utilizados por los animales.
- No ingresar por el lado Este del humedal. Esta área se encuentra en un nivel superior al resto del humedal y la estructura del suelo es muy inestable.
- No ingresar maquinaria.
- No ingerir alimentos adentro del área del humedal.
- De preferencia ir con zapatos lavados antes de ingresar, para prevenir esparcir semillas de otros lugares. En su defecto utilizar botines cobertores sobre los zapatos.
- Las actividades deben estar siempre acompañadas de un Arqueólogo.

Consideraciones

Para cumplir con dicho objetivo se sugiere levantar un protocolo para realizar trabajos adentro de los humedales de Rapa Nui.

Objetivo 2: Garantizar la eliminación de las plantas exóticas invasoras del humedal de Rano Raraku

Línea de acción 2.1: Programa de extracción de plantas invasoras del humedal de Rano Raraku

Esta acción está será realizada por CONAF mediante el Proyecto de Emergencia de Rano Raraku (2023).

Consideraciones

Monitoreo a largo plazo: evaluar la recuperación del humedal y determinar si las medidas de restauración y/o conservación están siendo efectivas.

Definición de indicadores de evaluación

- Diversidad y abundancia de especies
- Regeneración y crecimiento de la vegetación
- Calidad y estado del hábitat.

Frecuencia del monitoreo de plantas nativas

Dados los ciclos naturales del ecosistema, se propone monitoreo anual en primavera, época clave para analizar nuevas especies y floración de plantas.

Frecuencia de monitoreo de plantas invasoras:

Monitoreo 4 veces al año, dada la velocidad con que se reproducen las plantas invasoras.

Objetivo 3: Restaurar las áreas erosionadas del cráter de Rano Raraku

Línea de Acción 3.1: Plan de restauración y control de áreas erosionadas

Esta acción será realizada por CONAF mediante el Proyecto de Emergencia de Rano Raraku (2023).

La realización de este plan pondrá énfasis en la estabilización del suelo y la reducción de la erosión. Junto a ello, se pretende aumentar la retención de agua por escorrentía.

Indicadores

- Diversidad y abundancia de especies
- Velocidad de crecimiento anual
- Estado de las laderas

Evaluación

Revisión y análisis de datos. Identificación de tendencias, cambios, efectividad del monitoreo.

Monitoreo

Mediante esté en ejecución el plan 2023, se recomienda que sea semanal y mensual. Luego, se debe dejar determinado un monitoreo semestral hasta que las condiciones cumplan su efectividad.

Consideraciones especiales

Antes de comenzar las labores, se debe resguardar el área paleo botánico ubicado en la ladera NNW interior para futuras investigaciones.

Objetivo 4: Asegurar el resguardo del patrimonio arqueológico y natural del sitio de visitación de Rano Raraku

Línea de acción 4.1: Cierre definitivo del perímetro de Rano Raraku

Parte de esta acción será realizada por CONAF, mediante el Proyecto de Emergencia de Rano Raraku (2023) en lo que respecta a recomendaciones por su experticia en cortafuegos y ser el anterior administrador del sitio.

El objetivo del cierre es para evitar completamente la entrada de los animales mayores, tales como caballos y vacas hacia el interior del sitio. Este punto es clave e inicial para trabajar en Rano Raraku, ya que de este emanan las amenazas más graves que sufre el volcán, tales como los animales (ganadería) y los incendios.

Evaluación

Se debe evaluar la efectividad. Identificación de áreas más vulnerables. Considerar otros tipos de cierres para fortalecerlo. Considerar cierre de material y cierre verde en conjunto. Evaluar plantas de baja combustión para el apoyo en el cierre verde.

Monitoreo

Mensual.

Línea de acción 4.2: Plan de prevención contra incendios forestales

Parte de esta acción será realizada por CONAF, mediante el Proyecto de Emergencia de Rano Raraku (2023) en lo que respecta a sus recomendaciones por su experticia en cortafuegos y ser el anterior administrador del sitio.

Línea de Acción 4.3: Implementación de control de ingreso de animales

Se debe evitar el ingreso de todo tipo de animal doméstico (tales como perros y gatos). Se tiene evidencia del daño que estos provocan a la fauna nativa y avifauna. El animal doméstico se considera también una especie invasora. Este ataca a los animales nativos/endémicos, desplazándolos, ahuyentándolos, cazándolos, etc.

No se deben tener animales domésticos en las guarderías; no deben entrar con los turistas; no deben de ir de paseo con los visitantes locales.

Si se observan animales domésticos salvajes en el área, deben ser atrapados y llevados fuera del parque.

Monitoreo

Constante.

Objetivo 5: Garantizar un buen manejo del sitio a los trabajadores de Ma'u Henua

Línea de acción 5.1: Capacitaciones a los trabajadores de Ma'u Henua

Capacitar a los trabajadores en la comprensión de los daños que se generan en los ecosistemas, la reacción ante diferentes eventualidades y como participantes en los monitoreos especificados en este apartado.

Las capacitaciones deben ser realizadas por lo menos una vez al año, dada la rotación y cambio del personal.

Objetivo 6: Fomentar el conocimiento a la comunidad de Rapa Nui sobre la riqueza del patrimonio arqueológico y natural en Rano Raraku.

Línea de acción 6.1: Programas de educación y concientización a la comunidad y visitantes

Parte de esta acción será realizada por CONAF, mediante el Proyecto de Emergencia de Rano Raraku (2023).

Cada plan o programa implementado debe integrar un capítulo de educación y concientización a la comunidad y a los visitantes para informar sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad/arqueología y las medidas de seguridad contra incendios. Es relevante que la información recopilada sea compartida a la comunidad local, personal de Ma'u Henua (*muto'i*), guías turísticos, la comunidad científica, autoridades y público general, a través de informes, publicaciones y actividades de educación ambiental.

Del mismo modo, se debe fomentar la participación comunitaria en la restauración y conservación del humedal, mediante las acciones comunitarias de voluntariado.

Se debe complementar con los colegios, escuelas de verano, jardines infantiles, entre otros.

Objetivo 7: Fomentar investigaciones a la comunidad

Línea de acción 7.1: Proyectos de investigación y conservación

Para enriquecer los conocimientos adquiridos mediante investigaciones realizadas por científicos extranjeros principalmente, se sugiere incentivar el conocimiento científico en la comunidad local en áreas tan importantes como Rano Raraku, donde temas, tales como el patrimonio arqueológico y el natural, son transversales para seguir alimentando la historia local.

Línea de acción 7.2: Plan de cierre del área de protección paleobotánica de la ladera interior de Rano Raraku.

En la publicación de Horrocks *et al.* (2012) se encontraron restos paleobotánicos en la ladera NNW del volcán. Esto corresponde a fósiles de plantas que antiguamente poblaron el lugar. Se identificaron rizomas de totora y raíces de helechos aún sin identificar. Los restos se encuentran aproximadamente a 10 m sobre el nivel del humedal, por lo que las primeras hipótesis señalan que pudiesen ser antiguos niveles de agua. Para enriquecer los conocimientos que se tienen sobre el humedal, su uso y los cambios climáticos que han afectado durante los años anteriores, se sugiere investigar en mayor profundidad estos restos paleobotánicos.

Consideraciones:

- Se sugiere cerrar el área y resguardar para futuras investigaciones y educación.
- Este lugar está siendo constantemente dañado por la erosión y los animales.
- La información que guarda este lugar es de alto valor científico y patrimonial.
- Se sugiere considerar esta área para proteger el perímetro de cierre en el programa de control de la erosión de las laderas.

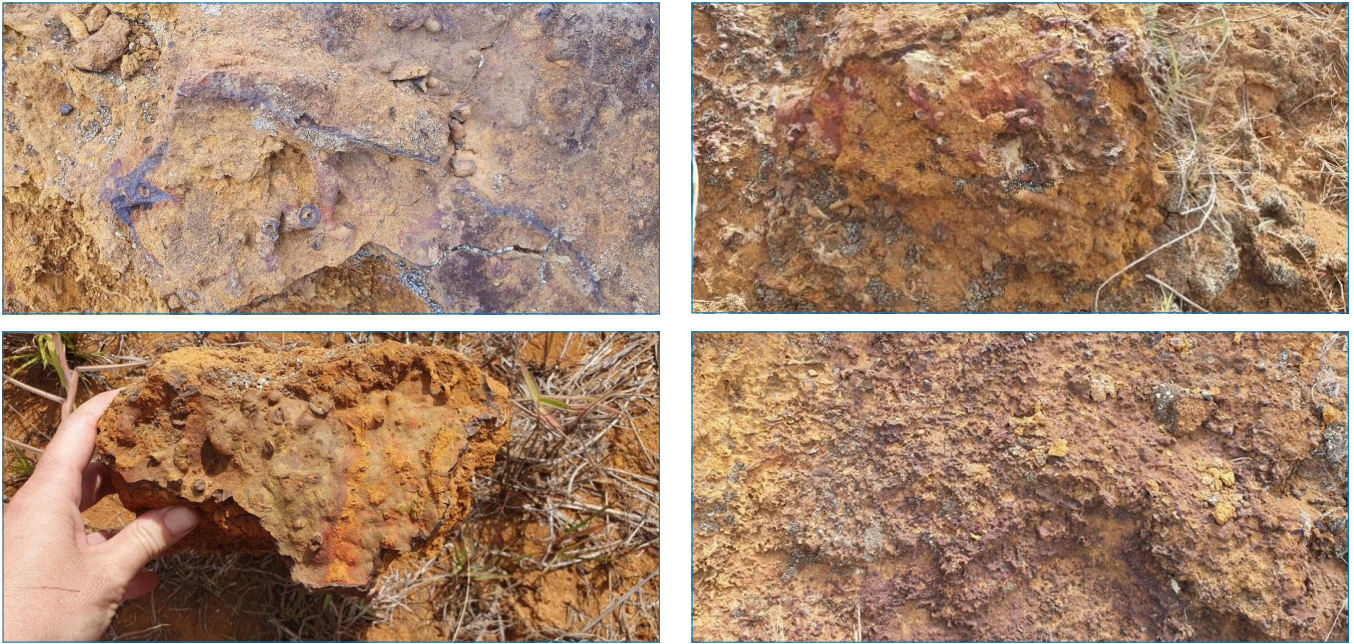


Figura 20. Restos paleobotánicos en la ladera interior NNW de Rano Raraku.



Figura 21. Área sugerida para cierre paleobotánico

Bibliografía

- Bahn, P., 1993. The history of human settlement on Rapanui. In: Fischer, S.R. (Ed.), *Easter Island Studies*. Oxbow Press, Oxford, pp. 53–55.
- Bahn, P.G., Flenley, J.R., 1992. *Easter Island, Earth Island*. Thames and Hudson, London.
- Bradley, R., D'Andrea, W., Diaz, H., Ning, L., 2022. *Climatology of Rapa Nui (Isla de Pascua, Easter Island)*. Chapter 11
- Cañellas-Boltà N, Rull V, Sáez A, Margalef O, Bao O, Pla-Rabes S, Blaauw M, Valero- Garcés B, Giralt S (2013) Vegetation changes and human settlement of Easter Island during the last millennia: a multiproxy study of the Lake Raraku sediments. *Quat Sci Rev* 72:36–48
- Cañellas-Boltà N, Rull V, Sáez A, Margalef O, Pla-Rabes S, Valero-Garcés B, Giralt S (2016) Vegetation dynamics at Raraku Lake catchment (Easter Island) during the past 34,000 years. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 446:55–69
- De Lange, P. J.; Gardner, R. O.; Champion, P. D.; y Tanner, C. C. (2008). "Schoenoplectus californicus (Cyperaceae) in New Zealand". *New Zealand Journal of Botany*, 36(3), 319– 327. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/0028825X.1998.9512573>
- Diamond, J., 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Viking, New York.
- Dubois, A., Lenne, P., Nahoe, E., Rauch, M. (2013). *Plantas de Rapa Nui. Guía Ilustrada de la Flora de Interés Ecológico y Patrimonial*. Umanga mo te Natura, CONAF, ONF International, Santiago, 132 páginas.
- Eller CB, Oliveira RS (2017) Effects of nitrogen availability on the competitive interactions between an invasive and a native grass from Brazilian cerrado. *Plant Soil*
- Flenley, J. and Bahn, P., 2007. Conflicting views of Easter Island. *Rapa Nui Journal* 21, 11– 13.
- Flenley, J.R., King, S.M., Jackson, J., Chew, C., 1991. The Late Quaternary vegetational and climatic history of Easter Island. *Journal of Quaternary Science* 6, 85–115.
- Heiser, Jr.T.C.B. (1974) *Totoras, Taxonomy, and Indiana University* Recuperado de: <https://www.botany.org/psbarchive/issue/1974-v20-no-2.html>
- Heiser, C. (1978). "The Totoras (Scirpus Californicus) in Ecuador and Peru". *Economic Botany*, 32(3), 222–236. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/BF02864698>
- Hidalgo C., P.; Hidalgo C., J.; y García N., J. (2019). "Estudio del Comportamiento Físico- Mecánico de rollos de totora amarrados: Influencia de la tensión de amarre, diámetro y longitud." Recuperado de <https://revistas.uazuay.edu.ec/html/revistas/DAYA/06/uazuay-articulos-daya06/articulo04/uazuay-estudio-del-comportamiento-fisico-mecanico-de-rollos-de-totora-amarrados-influencia-de-la-tension-de-amarre-diametro-y-longitud.html>
- Flenley, J. R., & Bahn, P. G. (2003). *The Enigmas of Easter Island: Island on the Edge*. Oxford University Press.
- Flores, M., Lazo, P., Campbell, G., Simeone, A. (2016). *Breeding Status of the Red-Tailed Tropicbird (Phaethon rubricauda) and Threats to Its Conservation on Easter Island (Rapa Nui)*.
- González-Ferrán, Ó. (1974). *Mapa Geológico Isla de Pascua, Easter Island*. Escala 1:50.000.
- Harrison, P. and J.R. Jehl Jr. (1988). Notes on the seabirds of Sala y Gómez. *Condor* 90: 259-261.
- Hauenstein, E., González, M., Peña-Cortés F., y Muñoz-Pedreras, A. (2003) "Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Tolten (IX Region, Chile) *flora and vegetation of coastal wetlands near Tolten, Chil.*

- Herrera, Christian / Custodio, Emilio. (2008) Conceptual hydrogeological model of volcanic Easter Island (Chile) after chemical and isotopic surveys. *Hydrogeology Journal* 16: 1329–1348.
- Horrocks M, Baisden WT, Flenley J, Feek D, Nualart LG, Haoa-Cardinali S, Gorman TE (2012a). Fossil plant remains at Rano Raraku, Easter Island's statue quarry: Evidence for past elevated lake level and ancient Polynesian agriculture. *J Paleolimnol* 48(4):767–783
- Kueffer C, Daehler CC, Torres-Santana CW et al (2010) A global comparison of plant invasions on oceanic islands. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 12:145–161. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.06.00>
- Mardorf, M. C. (1985). "Artesanía y ecología de la totora (*Scirpus* sp.) en la provincia de Imbabura, Ecuador. Sarance". *Revista Del Instituto Otavaleño de Antropología*, 10(10), 11–78. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10469/6697>
- Meyer, JY., Taputuarai, R., (2012). "Informe de misión de expertos a Rapa Nui 21 - 26 de noviembre 2012: Monitoreo del proyecto de restauración ecológica en sitios pilotos en Rapa Nui (isla de Pascua) y análisis de los primeros resultados"
- Meyer, 2012) Meyer, JY., Taputuarai, R., (2012). "Informe de misión de expertos a Rapa Nui 21 - 26 de noviembre 2012: Monitoreo del proyecto de restauración ecológica en sitios pilotos en Rapa Nui (isla de Pascua) y análisis de los primeros resultados"
- Notario, J. (21 de febrero de 2007). Edafología. Recuperado de <http://jnotario.webs.ull.es/CSCA/Index.htm>
- Nunn PD (2007) Climate, Environment and Society in the Pacific During the Last Millennium. In: Nunn PD (ed) *Developments in Earth and Environmental Sciences*, vol Volume 6. Elsevier, 302–987pp.
- Orliac, C.: The woody vegetation of Easter Island between the early 14th and the mid- 17th 10 Centuries AD, in: *Easter Island Archaeology: Research on Early Rapanui Culture*, edited by: Stevenson, C. and Ayres, W., Easter Island Foundation, Los Osos, 2000.
- Rossi RD, Martins CR, Viana PL et al (2014) Impact of invasion by molasses grass (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) on native species and on fires in areas of campo-cerrado in Brazil. *Acta Bot Brasil* 28:631–637
- Rull V, Cañellas-Boltà N, Margalef O, Pla-Rabes S, Sáez A, Giralt S (2016) Three millennia of climatic, ecological, and cultural change on Easter Island: an integrative overview. *Front Eco Evol* 4:29
- Rull V, Cañellas-Boltà N, Margalef O, Sáez A, Pla-Rabes S, Giralt S (2015) Late Holocene vegetation dynamics and deforestation in Rano Aroi: implications for Easter Island's ecological and cultural history. *Quat Sci Rev* 126:219–226
- Sáez, A., Valero-Garcés, B., Giralt, S., Moreno, A., Bao, R., Pueyo, J.J., et al. (2009). Glacial to Holocene climate changes in the SE Pacific. The Raraku Lake sedimentary record (Easter Island, 27°S). *Quat. Sci. Rev.* 28, 2743–2759. doi: [10.1016/j.quascirev.2009.06.018](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.06.018)
- Schreiber, B.A., and R.W. Schreiber. 2009. Red-tailed Tropicbird (*Phaethon rubricauda*), *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the *Birds of North America Online*: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/043>
- STP Rapa Nui. (2017). Ortofoto Lidar de Rapa Nui.
- Torres Galan, I. (2012). Fuego y memoria. Respuestas espaciales y temporales post- incendio en dos ecosistemas mediterráneos.
- Veliz, D., Gauci, R. (2018). Informe visita a Rano Raraku. Informe elaborado a Conaf en el marco de la Mesa Técnica de Humedales.
- Vezzoli, L., & Acocella, V. (2009). Easter island, SE pacific: An end-member type of hotspot volcanism. *Geological Society of America Bullertin*, 121(5-6), 869-886. doi: [10.1130/B26470.1](https://doi.org/10.1130/B26470.1)
- Yancovic, S. (2020). Aves de Rapa Nui – Guía de Campo Ilustrada.
- Yelenik SG, D'Antonio CM (2013) Self-reinforcing impacts of plant invasions change over time. *Nature* 503:517–520. <https://doi.org/10.1038/nature12798>
- Zenni RD, Ziller SR (2011) An overview of invasive plants in Brazil. *Braz J Bot* 34:431–446



unesco

Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura