

DIAGNÓSTICO

Condiciones ecológicas de matorral

ÁREA PROTEGIDA AUTÓNOMA DESCENTRALIZADA "TAITA IMBABURA"

DICIEMBRE 2024 |

2

Consortio para la Gestión del Área Ecológica para la Conservación “Taita Imbabura” (CTI)

Oficinas en la fabrica Imbabura, cantón Antonio Ante
Imbabura, Ecuador

<https://www.consorciotaitaimbabura.gob.ec/>

Miembros del Consorcio:



GAD Provincial de Imbabura



GAD Municipal de Ibarra



GAD Municipal de Antonio Ante



GAD Municipal de Otavalo

Generalidades

El año 2012 mediante las ordenanzas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de Antonio Ante, Ibarra y Otavalo (ACUERDO MINISTERIAL Nro.33, 2021) se da la declaratoria del Área Ecológica de Conservación Taita Imbabura Sin embargo, durante estos años no se ha visibilizado medidas de gestión pero la declaratoria fue un paso crucial para reconocer formalmente la importancia ecológica de la región y marcó el comienzo de esfuerzos significativos para la protección ambiental del Taita Imbabura.

En 2018, comenzó la administración por parte del Consorcio para la Gestión del Área Ecológica de Conservación Taita Imbabura (CTI) y las actividades basadas en el fortaleciendo la gestión integrada y colaborativa del área (ECOLEX, 2021). En 2021 esta Área Ecológica de Conservación fue reconocida como parte del Subsistema Autónomo Descentralizado del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, abarcando 3,717.48 hectáreas, nombrándose hoy en día como Área Protegida Autónoma Descentralizada “Taita Imbabura” (APADTI) (MAATE, 2021).

Presentación

La serie *Diagnósticos* constituye un trabajo exploratorio en el Área Protegida Taita Imbabura, diseñado para abordar la falta de información previa sobre las condiciones naturales de los ecosistemas de páramo, matorral y bosque de Polylepis. A través de un enfoque multidisciplinario que integra estudios de campo, análisis geoespacial y revisión de literatura científica, se busca proporcionar un panorama integral del estado de conservación del área protegida. El estudio pone especial énfasis en la caracterización de su biodiversidad única y en la evaluación de la salud del suelo mediante análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de metales pesados. La fase de diagnóstico proporciona una base científica para comprender el estado de conservación, identificar procesos de degradación y reconocer signos de recuperación en los ecosistemas, orientando así estrategias de manejo adaptativo, restauración ecológica y fortalecimiento de la gobernanza.

Debido a las pronunciadas pendientes del volcán Imbabura, el acceso a ciertas áreas resulta complicado. Por ello, esta fase se centró en las zonas más accesibles, particularmente en el flanco suroeste, donde se encuentra el edificio Warmi Imbabura, y en dirección al flanco noreste del edificio principal Taita Imbabura. Como parte del estudio, se tomaron muestras de suelo en una plantación y una explotación de pino localizadas en la zona de amortiguamiento, áreas que históricamente fueron matorrales. Estas muestras permitieron comparar y evaluar la calidad del suelo respecto a suelos conservados de matorral. Asimismo, se realizó un análisis comparativo entre suelos conservados y suelos de pajonal afectado por el incendio ocurrido en octubre de 2023.

Esta serie de diagnósticos se complementa con información obtenida durante el primer muestreo de vertientes de agua y de la laguna Yakumama, ubicada en Warmi Imbabura.

CONCEPTOS CLAVE

Parámetros físicos: Son características medibles que describen las propiedades físicas del suelo (textura, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua, permeabilidad y temperatura), son esenciales para comprender la capacidad del suelo de soportar cultivos, almacenar agua, permitir la infiltración y el drenaje, y facilitar el intercambio de gases (Schoenholtz et al., 2000).

1.- Humedad relativa: Es el porcentaje de agua presente en el suelo en relación con su capacidad total de retención, considerando factores como la textura y la estructura del suelo, es un indicador clave en su conservación y la gestión de recursos hídricos (Susha. et al., 2014).

2.- Conductividad eléctrica (ce): Mide la capacidad del suelo para conducir electricidad, lo que está relacionado con la cantidad de sales disueltas, como nitratos, sulfatos y cloruros, permite gestionar mejor el uso de fertilizantes, prevenir problemas de salinización y optimizar las condiciones para cultivos (Friedman, 2005).

3.- Textura: Se refiere a la proporción relativa de partículas minerales de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla), que influye en la retención de agua, la infiltración, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la facilidad de manejo del suelo (Li et al., 2014).

4.- Densidad real: Es la masa de las partículas sólidas del suelo por unidad de volumen, excluyendo los poros, y generalmente se expresa en g/cm^3 , permite estimar la composición mineral del suelo, evaluar su compactación y relacionarlo con otras propiedades físicas (Reynolds et al., 2002).

5.- Densidad aparente: Es la relación entre la masa del suelo seco y su volumen total, incluyendo los poros, y se expresa en g/cm^3 , Es un indicador clave de la compactación y la porosidad del suelo, afectando la infiltración de agua, la aireación y el desarrollo de las raíces (Al-shammary et al., 2018).

PARÁMETROS QUÍMICOS: Son las propiedades relacionadas con su composición química (pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de nutrientes, salinidad y materia orgánica), determinan la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes para las plantas y su capacidad para sostener cultivos (Schoenholtz et al., 2000).

6.- Fósforo: Es un macronutriente esencial presente en formas inorgánicas y orgánicas, necesario para el desarrollo de las plantas y procesos como la fotosíntesis y la formación de raíces (Holtan et al., 1988).

7.- Potasio: Es un macronutriente esencial para las plantas, presente en formas disponibles (intercambiables) y no disponibles (minerales) que interviene en funciones metabólicas (Reitemeier, 1951).

CONCEPTOS CLAVE

8.- **Materia orgánica:** Es el material compuesto por restos vegetales, animales y microorganismos en diferentes etapas de descomposición, Su presencia contribuye a la sostenibilidad agrícola y la mitigación del cambio climático mediante el almacenamiento de carbono (Lehmann & Kleber, 2015).

9.- **Nitrógeno:** Es un nutriente esencial para las plantas, presente principalmente en forma de nitratos y amonio, que son utilizados para la síntesis de proteínas y el crecimiento, la gestión adecuada del nitrógeno es esencial para optimizar la fertilidad del suelo, aumentar la productividad agrícola y evitar la contaminación por lixiviación (Chen et al., 2014).

10.- **pH:** Mide la acidez o alcalinidad del suelo, influye en la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo. Un pH adecuado es esencial para un crecimiento óptimo de las plantas, ya que afecta la solubilidad de los nutrientes y la salud general del suelo (Neina, 2019).

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS: Son las propiedades que se refieren a la presencia y actividad de microorganismos, como bacterias, hongos y actinobacterias, que son esenciales para evaluar la salud del suelo, ya que los microorganismos juegan un papel clave en la descomposición de materia orgánica, la fijación de nutrientes y la mejora de la fertilidad (Paul & Frey, 2023).

11.- **Bacterias aerobias:** Son microorganismos que requieren oxígeno para llevar a cabo sus procesos metabólicos y de crecimiento, son esenciales para la descomposición de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la fijación de nitrógeno (Abramowicz, 1990).

12.- **Mohos y levaduras:** Son hongos microscópicos que se encuentran en el suelo y juegan un papel importante en la descomposición de materia orgánica y la transformación de nutrientes, mejoran la estructura del suelo y pueden influir en la salud de las plantas al protegerlas de patógenos (Hernández-Fernández et al., 2021)



ECOSISTEMA DE MATORRAL

El ecosistema de matorral andino o matorral de páramo forman una zona de transición entre los ecosistemas de bosque montano (a menor altitud) y los páramos herbáceos o de mayor altitud. Se encuentra en los valles húmedos relativamente entre los 2000 a 3000 msnm, la vegetación nativa forma matorrales y sus remanentes se encuentran en pendientes pronunciadas, barrancos y quebradas o lugares poco accesibles. Este ecosistema ha sido modificado y sus remanentes han sido reemplazados por cultivos o plantaciones forestales.

El ecosistema de matorral presenta vegetación densa y con abundancia en arbustos o matas, con limitada aparición de especies arbóreas. La definición botánica de matorral o arbusto es una planta con ramificaciones de tallos.

Matorral alto de 2 a 8 m y bajo de 1 a 2 m y subarbusto si es menor a 1m. Por otro lado, se considera que, si el follaje es denso con una cobertura mayor al 70 %, será un matorral cerrado, y si es menor de 70 % un matorral abierto.

Matorrales del Taita Imbabura

2700 a 3300 msnm

Al no encontrarse todo el matorral dentro del límite del Área Protegida, las áreas que mayor intervención tienen se encuentran en la zona de amortiguamiento. Especialmente en el cantón Antonio Ante, esta área carece de vegetación de matorral. Es decir, se ha realizado un cambio de uso de suelo para áreas agrícolas. En el cantón Ibarra, las áreas más intervenidas se encuentran en las parroquias de la Esperanza y Angochagua. A la vez las áreas más conservadas se encuentran en las parroquias de San Antonio de Ibarra y Caranqui. Donde se puede encontrar vegetación natural y parches de cambio de uso de suelo en regeneración. En el cantón de Otavalo, la franja de vegetación es mayor. .

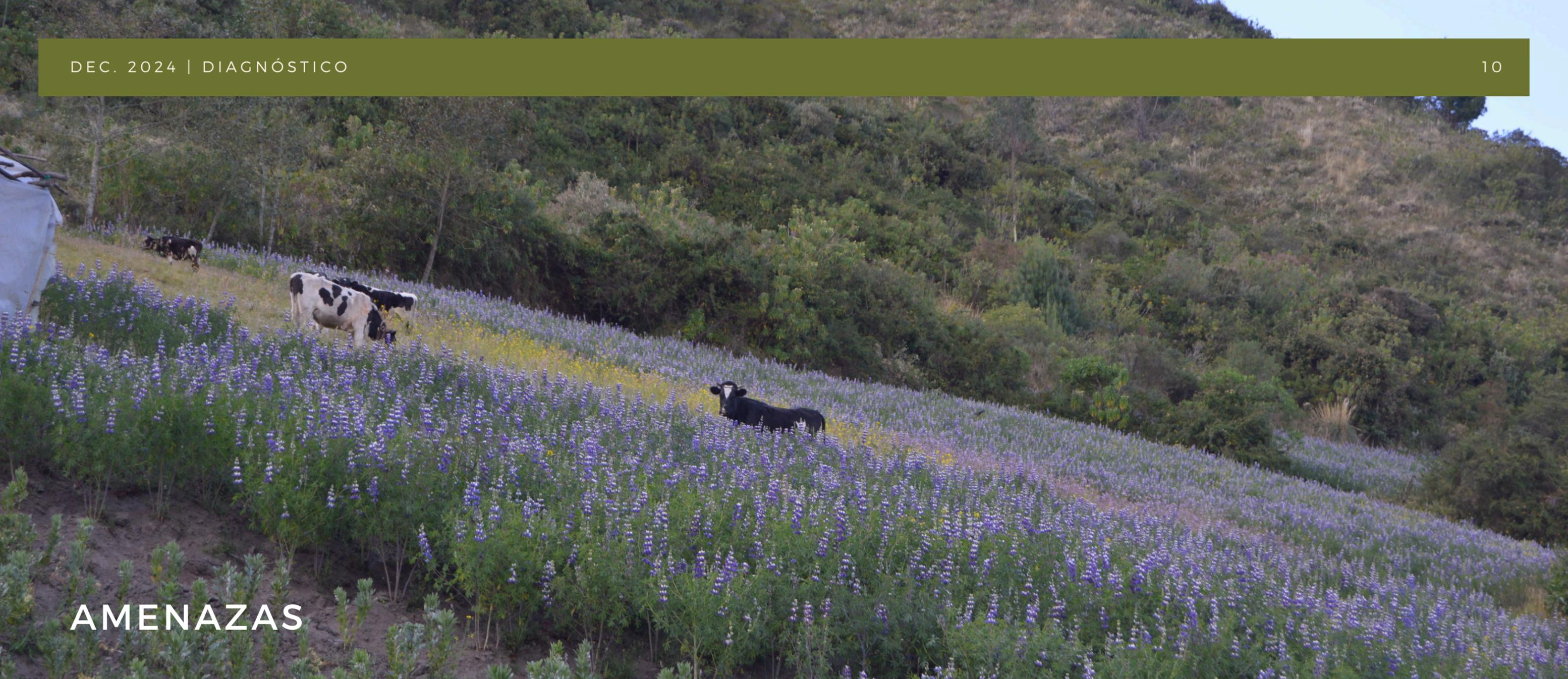


Las formaciones vegetales yendo desde la base a la cumbre del volcán, en los lugares muestreados. Esta vegetación se caracteriza por estar entrelazada entre sí, se puede encontrar matorral herbáceo, arbóreo y arbustivo. En los lugares muestreados, por el sendero de Warmy Imbabura entre el matorral se encuentra un segmento con árboles de Pumamaqui (*oreopanax ecuadorensis*). En el sendero por San Antonio de Ibarra, se encuentran parches que fueron usados para la agricultura en la actualidad en regeneración. También bambo andino o zuro, mientras se atraviesa un bosque montano con diversas especies de árboles de hasta 10 metros de altura. Hasta el ecotono de bosque y páramo donde existe vegetación arbustiva de matorral.



Carpintero dorsicarmesí
o carpintero candela





AMENAZAS

El matorral es un ecosistema clave en el área protegida Taita Imbabura, caracterizado por su vegetación arbustiva predominante, con especies que han desarrollado adaptaciones específicas a condiciones climáticas variables, suelos pobres y altitudes elevadas. Este ecosistema suele ubicarse en zonas de transición entre el páramo y otros tipos de cobertura vegetal, cumpliendo un papel importante como amortiguador ecológico y corredor biológico. Además, el matorral contribuye a la regulación hídrica, la retención de suelo y la provisión de hábitats para una diversidad de especies, incluyendo algunas endémicas y amenazadas.

Sin embargo, enfrenta amenazas significativas debido al avance de la frontera agrícola y el cambio de uso del suelo, especialmente en la zona de amortiguamiento. Las actividades agrícolas y pecuarias ejercen una presión constante sobre el matorral, provocando la pérdida de cobertura vegetal, la fragmentación del hábitat y la degradación de los suelos.

METODOLÓGIA

Dentro de los objetivos se planteó la identificación de la mayor cantidad de especies vegetales presentes en el matorral del Taita Imbabura y la evaluación de la calidad de suelo en base a parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales.

Identificación para determinar que especies están en el área y clasificarlas taxonómicamente (género, especie, familia) y reconocer su interés ecológico (endémica, nativa, invasora) y la categoría de conservación en la UICN.

En esta caso el matorral correspondiente al flanco Sur de Warmi Imbabura y el matorral del flanco norte del Taita Imbabura. Por el nivel de pendiente y acceso de los senderos de matorral. Se realizaron caracterizaciones rápidas usando los senderos existentes en la zonas de matorral empleándose la técnica de foto registro de especímenes con cámaras digitales (Cerón et al., 1993).

En los puntos seleccionados se registraron todas las especies y se tomaron las muestras de suelo.



Hay que destacar que en los dos matorrales la estructura es herbácea, arborea y arbustiva. Las especies presentes en la parcela de ecotono de matorral y páramo (Matorral Warmy Imbabura punto 03) son *Hesperomeles obtusifolia*, *hypericum laricifolium*, *Miconia papillosa*, *Siphocampylus giganteus* y *Brachyotum ledifolium*. En el matorral de Warmy Imbabura la presencia de la vegetación arborea con predominancia de *Oreopanax ecuadorensis*, *piper andreanum* y *Vallea stipularis*.

Tabla 1. Lista de especies de plantas vasculares en el matorral del sendero de Warmy Imbabura

LISTA DE ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES EN EL MATORRAL DE WARMY IMBABURA					
Familia	Nombre científico	Autor	Nombre común	Estado de conservación UICN	Importancia ecológica
Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i>	(Desr.) Triana	Arete del Inca	N	Nativa
Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i>	L	Shanshi	N	Endémica
Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	(Pers.) Lindl.	Cerote o espino de páramo	LC	Nativa
Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Kunth; N.v.	“Romerillo”.	N	Nativa
Orobanchaceae	<i>Lamourouxia virgata</i>	Kunth	Chupe quinde	N	Nativa
Melastomataceae	<i>Miconia papillosa</i>	(Desr.) Naudin	Colca de Quito	LC	Endémica
Polygalaceae	<i>Monnina crassifolia</i>	(Bonpl)	Igualán	N	Nativa
Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Seem	Pumamaqui	LC	Endémica
Fabaceae	<i>Otholobium mexicanum</i>	(L.f.) J.W. Grimes		N	Nativa
Piperaceae	<i>Piper andreanum</i>	C. DC.	Cordoncillo	LC	Nativa
Campanulaceae	<i>Siphocampylus giganteus</i>	G.Don	Fuconero	N	Nativa
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	L.f.	Urku rosas	LC	Nativa

Tabla 2. Lista de especies de plantas vasculares en el matorral del sendero de San Antonio

LISTA DE ESPECIES DE PLANTAS VASCULARES DEL MATORRAL DE SAN ANTONIO					
Familia	Nombre científico	Autor	Nombre común	Estado de conservación UICN	Importancia ecológica
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Kunth	Aliso andino	N	Nativa
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Ruiz & Pavón. Pers	Chilca	LC	Nativa
Alstroemeliaceae	<i>Bomarea patacoensis</i>	Herb.	Zarcillos	N	Endémica
Calceolariaceae	<i>Calceolaria crenata</i>	Lam	Zapatitos	N	Nativa
Poaceae	<i>Chusquea scandens</i>	Kunth	Bambú andino o chusque	N	Nativa
Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i>	(L.f) Schinz y Thell	Izo	N	Nativa
Orchidaceae	<i>Epidendrum sp.</i>				Nativa
Onagraceae	<i>Fuchsia fulgens</i>	Moc. Y Sessé Ex DC.	Aljaba o aretillos	N	Nativa
Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Juss	Romerillo	N	Nativa
Vervenaceae	<i>Lantana montevidensis</i>	Spreng. Briq	verbena rastrera	N	Nativa
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	(kunth)	Hualicón o uva de monte	N	Nativa
Melastomataceae	<i>Miconia crocea</i>	Desr. Naudin	Colca	N	Endémica
Asteraceae	<i>Monticalia andicola</i>	(Turcz.) C. Jeffrey		N	Nativa
Myricaceae	<i>Morella pubescens</i>	Humb. Y Bonpl. ex Willd.	Laurel de cera	N	Nativa
Fabaceae	<i>Otholobium mexicanum</i>	(L.f.) J.W.Grimes		N	Nativa
Rubiaceae	<i>Palicourea sp.</i>				Nativa
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Kunth	Maíz de zorro	N	Nativa
Orchidaceae	<i>Pleurothallis coriacardia</i>	Rchb.f		N	Nativa
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i>	Kaulf. Maxon	Helecho marranero	N	Nativa
Monimiaceae	<i>Siparuna aspera</i>	(Ruiz & pav)	Limoncillo	N	Nativa
Orchidaceae	<i>Stelis argentata</i>	Lindl.		N	Nativa

Las especies presentes en la parcela de ecotono de matorral y páramo (Matorral San Antonio punto 01) son *Hesperomeles obtusifolia*, *hypericum laricifolium*, *Baccharis latifolia*, *Bomarea patacoensis*, *Alnus acuminata* y *Morella pubescens*. La vegetación arborea correspondiente según la clasificación de ecosistemas del Ecuador, a un Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes o bosque de neblina montano entre los 2000-3000 msnm.

En el matorral herbáceo y arbustivo, la presencia de *Chusquea scadens* y *Macleania rupestris*.



Pleurothallis sarcochila



*Bosque de neblina montano
Sector San Antonio*

PARÁMETROS FÍSICOS: HUMEDAD Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Respecto a humedad del suelo, los puntos de Matorral y Bosque Warmi Imbabura, los valores más altos se encuentran en el Bosque de Pumamaqui (22,4%) y el Matorral Warmi Imbabura Punto 3 (37%) asociados con una mejor retención de agua debido a texturas más arcillosas y materia orgánica. En el matorral de San Antonio y áreas de pino, el valor de humedad elevada en el Matorral de San Antonio (42,5%) y moderada en la explotación de pino (29%).

Tabla 3. Parámetros físicos de análisis de suelo en matorral

Muestra	Localización	Parámetros físicos				
		Textura	Densidad	Densidad aparente	Humedad	Conductividad eléctrica
	Unidades	NA	g/cm3	g/cm3	%	uS/cm
Matorral Warmi Imbabura Punto 1	WGS84 813244,9; 10025186,0	Franco arcillo arenoso	1,77	1,73	17,6	17,6
Bosque de pumamaqui Punto 2	WGS84 813242,8; 10025374,3	Franco arcillo	1,48	1,43	22,4	70,4
Matorral Warmi Imbabura Punto 3	WGS84 0813109; 10025740	Franco arenoso	2,66	1,5	37	30
Matorral de San Antonio p1	WGS84 8141087;100316759	Areno franco	2,64	1,66	42,5	20,5
Bosque de San Antonio p2	WGS84 8137387;100323259	Areno franco	2,59	1,43	35,3	58,8
Explantación de pino	WGS84 816736,2; 10026734,7	Franco arenoso	1,7	1,67	29	21,9
Plantación de pino	WGS84 817140,2; 10026004,9	Areno franco	2,03	2,02	24,8	18,1

La conductividad eléctrica (CE) mide la cantidad de sales solubles en el suelo, reflejando valores bajos en el Matorral Punto 1 (17,6) y moderados en el Punto 3 de Matorral de Warmy Imbabura (30), adecuados para el desarrollo vegetal. La conductividad eléctrica es alta en el Bosque de Pumamaqui (70,4). San Antonio y áreas de pino: conductividad elevada en el Bosque de San Antonio (58,8), reflejando condiciones similares al Bosque de Pumamaqui. Indica bajos niveles de conductividad eléctrica en la plantación de pino (18,1), sugiere baja fertilidad o acumulación limitada de sales. Bosques de San Antonio y Pumamaqui presentan CE elevada, lo que podría reflejar mayor acumulación de nutrientes. Áreas de pino y algunos puntos de matorral tienen CE más bajas, lo que podría indicar menor fertilidad o lixiviación activa.

CONCEPTOS CLAVE

Parámetros físicos: Son características medibles que describen las propiedades físicas del suelo (textura, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua, permeabilidad y temperatura), son esenciales para comprender la capacidad del suelo de soportar cultivos, almacenar agua, permitir la infiltración y el drenaje, y facilitar el intercambio de gases (Schoenholtz et al., 2000).

1.- Humedad relativa: Es el porcentaje de agua presente en el suelo en relación con su capacidad total de retención, considerando factores como la textura y la estructura del suelo, es un indicador clave en su conservación y la gestión de recursos hídricos (Susha. et al., 2014).

2.- Conductividad eléctrica (ce): Mide la capacidad del suelo para conducir electricidad, lo que está relacionado con la cantidad de sales disueltas, como nitratos, sulfatos y cloruros, permite gestionar mejor el uso de fertilizantes, prevenir problemas de salinización y optimizar las condiciones para cultivos (Friedman, 2005).

3.- Textura: Se refiere a la proporción relativa de partículas minerales de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla), que influye en la retención de agua, la infiltración, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la facilidad de manejo del suelo (Li et al., 2014).

4.- Densidad real: Es la masa de las partículas sólidas del suelo por unidad de volumen, excluyendo los poros, y generalmente se expresa en g/cm^3 , permite estimar la composición mineral del suelo, evaluar su compactación y relacionarlo con otras propiedades físicas (Reynolds et al., 2002).

5.- Densidad aparente: Es la relación entre la masa del suelo seco y su volumen total, incluyendo los poros, y se expresa en g/cm^3 , Es un indicador clave de la compactación y la porosidad del suelo, afectando la infiltración de agua, la aireación y el desarrollo de las raíces (Al-shammary et al., 2018).

PARÁMETROS FÍSICOS: TEXTURA , DENSIDAD REAL Y DENSIDAD APARENTE

La textura del suelo influye en sus propiedades físicas como retención de agua, aireación y drenaje.

En el Matorral y Bosque de Warmi Imbabura predominan texturas franco arcillo arenosa, franco arcillo y franco arenosa, que equilibran drenaje y retención de agua. Los puntos de San Antonio y áreas de pino, tienen una textura areno franco, caracterizada por buen drenaje pero baja capacidad de retención de agua.

Suelos de San Antonio y áreas de pino son más arenosos, con mejor drenaje pero menor retención de agua.

Suelos de Warmi Imbabura tienen más arcilla, mejor retención de agua y nutrientes.

La densidad real refleja la compactación mineral, mientras que la densidad aparente incluye los poros, el Matorral y Bosque Warmi Imbabura tiene valores bajos a moderados de densidad (1,48 - 2,66), lo que sugiere suelos menos compactados y mejor porosidad. En los puntos de San Antonio y áreas de pino poseen valores más altos en algunas zonas (hasta 2,64), indicando compactación moderada, especialmente en la plantación de pino (2,02), que podría afectar la infiltración y desarrollo de raíces. San Antonio y plantación de pino presentan mayor compactación. Los suelos de Warmi Imbabura son menos densos, favoreciendo la aireación y actividad biológica.

PARÁMETROS QUÍMICOS: MATERIA ÓRGANICA, NITRÓGENO DE KJELDAHL

En los puntos de San Antonio, reflejan acumulación significativa de hojarasca o materia orgánica fresca, típica de suelos de bosque. Valores altos (45,1%, 34,9%). Esto podría estar relacionado con procesos lentos de descomposición debido a pH ácido o baja actividad microbiana.

En los matorrales de Warmi Imbabura, presenta valores moderados entre (18,3%-22,4%), que sugieren suelos con aporte constante de materia orgánica y condiciones favorables para su descomposición parcial. Plantación y ex plantación de pino, los valores entre 25,4% y 26,3% la acumulación de materia orgánica es alta, principalmente derivada de acículas y desechos ricos en lignina y taninos, con descomposición lenta.

Implicación: La materia orgánica alta mejora la fertilidad, pero podría ser menos eficiente si no se mineraliza adecuadamente.

Tabla 4. Parámetros químicos de análisis de suelo en matorral

Muestra	Localización	Parámetros químicos				
		Materia Orgánica	Nitrógeno Total Kjeldahl	pH	Fósforo Total	Potasio
	Unidades	%	mg/kg	Unidades pH	mg/kg	mg/kg
Matorral Warmi Imbabura Punto 1	WGS84 813244,9; 10025186,0	19,7	351,3	6,8	19,9	>500
Bosque de pumamaqui Punto 2	WGS84 813242,8; 10025374,3	22,4	351	6,6	15,9	44,6
Matorral Warmi Imbabura Punto 3	WGS84 0813109; 10025740	18,3	>500	5,8	10	153,2
Matorral de San Antonio p1	WGS84 8141087;100316759	45,1	31,2	4,8	312,2	198
Bosque de San Antonio p2	WGS84 8137387;100323259	34,9	<10	4,8	236,5	134
Explantación de pino	WGS84 816736,2; 10026734,7	26,3	235,8	5,8	10	296,3
Plantación de pino	WGS84 817140,2; 10026004,9	25,4	282,7	5,6	13,9	224,2

En el Matorral Warmi Imbabura Punto 3, los valores muy altos de nitrógeno (>500 mg/kg) indica alto contenido de nitrógeno en la materia orgánica. actividad intensa de descomposición

En puntos de San Antonio los valores bajos (31,2 - <10 mg/kg) indican limitación de nitrógeno disponible, posiblemente por inmovilización del nitrógeno en materia orgánica o pérdida por lixiviación.

Sin embargo también los valores para matorral de Warmy Imbabura, bosque de pumamaqui, plantación y ex plantación de pino poseen altos valores de nitrógeno.

Un desbalance entre nitrógeno y materia orgánica puede limitar el desarrollo vegetal y la actividad microbiana.

PARÁMETROS QUÍMICOS: PH, FÓSFORO Y POTASIO

En los matorrales y bosques de Warmi Imbabura, favorecen la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes y la actividad biológica. Valores cercanos a pH neutro (6,6 - 6,8).

En el Matorral Warmi Imbabura Punto 3 indica un pH ácido (5,8) que refleja valores de pH de suelo de páramo.

En los puntos de San Antonio son valores muy ácidos (4,8), incluso menores que los valores de plantación y ex plantación de pino (5,8- 5,6) que es menos ácido. Típicos de suelos afectados por acículas de coníferas, pero menos ácidos que los de San Antonio. El pH del suelo puede afectar negativamente la microbiota del suelo, especialmente bacterias aerobias.



Los niveles de potasio también son variables, con un rango desde 44,6 mg/kg en el Bosque de pumamaqui hasta valores superiores a 500 mg/kg en el Matorral Warmi Imbabura Punto 1.

El Matorral Warmi Imbabura Punto 1 y la Plantación de pino muestran altos niveles de potasio, lo que podría estar relacionado con aportes naturales o condiciones específicas del sustrato.

Los bosques (pumamaqui y San Antonio) presentan niveles intermedios, posiblemente debido a un balance entre la absorción por la vegetación y la regeneración del potasio en el suelo.

Los niveles más altos de fósforo se encuentran en el Matorral de San Antonio y el Bosque de San Antonio, lo que puede estar relacionado con un suelo más fértil o la acumulación natural de materia orgánica.

Las plantaciones y explantaciones de pino muestran niveles bajos de fósforo, posiblemente debido al consumo intensivo de nutrientes por estas especies.

METALES PESADOS: CADMIO Y PLOMO

El cadmio es un metal pesado que se asocia con actividades industriales, contaminación y procesos de deposición natural en ciertos tipos de suelos. Los valores de Matorral Warmi Imbabura y Bosque de Pumamaqui son bajos (0,2 - 0,7 mg/kg) y se encuentran dentro de límites aceptables para suelos naturales.

Los valores de San Antonio (1,3 - 1,4 mg/kg) superan el límite natural (<1 mg/kg) podrían estar relacionados con fuentes de contaminación local o con depósitos geológicos.

En el punto de plantaciones de pino, los valores bajos (0,3 - 0,4 mg/kg), indicando menor influencia de contaminación o acumulación.

El plomo se acumula en suelos, afectando la biota y las cadenas tróficas. Los valores en Matorrales y Bosques de Warmi Imbabura son consistentemente bajos (<5,0 mg/kg), indicando suelos poco contaminados. San Antonio posee los valores más altos (5,7 - 8,9 mg/kg), sugieren una mayor contaminación ambiental, aunque se encuentran por debajo de límites peligrosos (40 mg/kg).

En el punto de ex plantación de pino se encuentra el valor más elevado (14,6 mg/kg), posiblemente indica acumulación histórica de contaminantes en el suelo, lo que podría estar relacionado con actividades previas en la zona, y en plantación de pino con valores bajos (<5,0 mg/kg) que reflejan menores niveles de contaminación activa o acumulativa.

Tabla 5. Metales pesados de análisis de suelo en matorral

Muestra	Metales pesados		
	Localización	Cadmio	Plomo
	Unidades	mg/kg	mg/kg
Matorral Warmi Imbabura Punto 1	WGS84 813244,9; 10025186,0	0,5	<5,0
Bosque de pumamaqui Punto 2	WGS84 813242,8; 10025374,3	0,2	<5,0
Matorral Warmi Imbabura Punto 3	WGS84 0813109; 10025740	0,7	<5,0
Matorral de San Antonio p1	WGS84 8141087;100316759	1,3	8,9
Bosque de San Antonio p2	WGS84 8137387;100323259	1,4	5,7
Explantación de pino	WGS84 816736,2; 10026734,7	0,3	14,6
Plantación de pino	WGS84 817140,2; 10026004,9	0,4	<5,0



Ex plantación de pino

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:

Tabla 6. Parámetros microbiológicos de análisis de suelo en matorral

Muestra	Parámetros microbiológicos		
	Localización	Bacterias aerobias	Mohos y levaduras
	Unidades	UFC/g	UFC/g
Matorral Warmi Imbabura Punto 1	WGS84 813244,9; 10025186,0	>1000	>1000
Bosque de pumamaqui Punto 2	WGS84 813242,8; 10025374,3	>1000	>1000
Matorral Warmi Imbabura Punto 3	WGS84 813109; 10025740	60000	>1000
Matorral de San Antonio p1	WGS84 8141087;100316759	4000	140
Bosque de San Antonio p2	WGS84 8137387;100323259	5000	150
Explantación de pino	WGS84 816736,2; 10026734,7	>1000	>1000
Plantación de pino	WGS84 817140,2; 10026004,9	>1000	>1000

Los conteos más altos de bacterias aerobias se encuentran en el Matorral Warmi Imbabura Punto 3, Matorral de San Antonio Punto 1 y Punto 2, lo que podría reflejar mejores condiciones para la descomposición de materia orgánica y ciclos biogeoquímicos. Los conteos de mohos y levaduras son bajos en comparación con las bacterias aerobias en la mayoría de los sitios sobre todo en (Matorral de San Antonio Punto 1 y Bosque de San Antonio Punto 2) indicando que estas comunidades microbianas son menos dominantes.

Las diferencias en los conteos podrían estar relacionadas con factores como tipo de suelo, cobertura vegetal, contenido orgánico, y condiciones climáticas locales.

Los valores son relativamente bajos, indicando una actividad microbiológica moderada en este sitio .indican una microbiota activa pero no muy elevada. En plantación y ex-plantación de pino los valores son relativamente bajos (>1000 UFC/g), indicando una actividad microbiológica moderada en este sitio .indican una microbiota activa pero no muy elevada.



Suelo de bosque nublado montano

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados reflejan un mosaico de condiciones edáficas, influenciadas por factores como la vegetación, el tipo de suelo y los procesos biogeoquímicos. La materia orgánica en los matorrales parece estar más descompuesta y disponible para el suelo, especialmente en el matorral de Warmi Imbabura, donde hay un equilibrio con otros nutrientes.

Warmi Imbabura podría estar en mejores condiciones para ser aprovechada por plantas y microorganismos que el matorral de San Antonio, aunque ambos ecosistemas tienen niveles altos de materia orgánica.

Los suelos de Warmi Imbabura presentan texturas más equilibradas y mejores condiciones para retención de agua y nutrientes, favoreciendo el desarrollo vegetal. En contraste, los suelos de San Antonio y áreas de pino son más arenosos, con menor retención de agua y nutrientes, pero buen drenaje.

Los sitios con altos valores de metales (San Antonio y ex plantación de pino) los niveles de cadmio son superiores a 1 mg/kg suelen estar asociados con áreas geológicas específicas donde el cadmio está presente en los minerales de forma natural.

Realizar estudios con un enfoque multifacético para determinar la presencia de metales pesados en el área protegida si es de origen geológico o humano. A través de análisis de la concentración de metales, mapas geológicos, monitoreo temporal, y la evaluación de actividades humanas, se podría identificar si los niveles de plomo, cadmio u otros metales provienen de fuentes naturales (como minerales).

La flora del matorral de San Antonio es mayor, registrándose 21 especies, y en el matorral de Warmi Imbabura 12 especies. Considerando que aún hay especies no identificadas por la temporada del año que no presentaban floración o fruto. Por lo que es necesario realizar salidas en otras épocas del año para identificar más especies de plantas y realizar una guía de todos los senderos de matorral del Área Protegida.

Complementar los diagnósticos con información de la fauna presente en el Área protegida, para empezar se puede realizar una guía de aves. Con la información del conteo de aves del 12 de octubre del 2024.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramowicz, D. A. (1990). Aerobic and Anaerobic Biodegradation of PCBs: A Review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 10(3), 241-251. <https://doi.org/10.3109/07388559009038210>
- Al-shammary, A. A. G., Kouzani, A. Z., Kaynak, A., Khoo, S. Y., Norton, M., & Gates, W. (2018). Soil Bulk Density Estimation Methods: A Review. *Pedosphere*, 28(4), 581-596. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60034-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60034-7)
- Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C., & Zhang, Y. (2014). Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 429-442. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0207-8>
- Friedman, S. P. (2005). Soil properties influencing apparent electrical conductivity: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1), 45-70. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.11.001>
- Hernández-Fernández, M., Cordero-Bueso, G., Ruiz-Muñoz, M., & Cantoral, J. M. (2021). Culturable Yeasts as Biofertilizers and Biopesticides for a Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review. *Plants*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/plants10050822>
- Holtan, H., Kamp-Nielsen, L., & Stuanes, A. O. (1988). Phosphorus in Soil, Water and Sediment: An Overview. En G. Persson & M. Jansson (Eds.), *Phosphorus in Freshwater Ecosystems* (pp. 19-34). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3109-1_3
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
- Li, X., Chang, S. X., & Salifu, K. F. (2014). Soil texture and layering effects on water and salt dynamics in the presence of a water table: A review. *Environmental Reviews*, 22(1), 41-50. <https://doi.org/10.1139/er-2013-0035>
- Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019(1), 5794869. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Paul, E., & Frey, S. (2023). *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. Elsevier.
- Reitemeier, R. F. (1951). Soil Potassium. En A. G. Norman (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 3, pp. 113-164). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60368-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60368-5)
- Reynolds, W. D., Bowman, B. T., Drury, C. F., Tan, C. S., & Lu, X. (2002). Indicators of good soil physical quality: Density and storage parameters. *Geoderma*, 110(1), 131-146. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00228-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00228-8)
- Schoenholtz, S. H., Miegroet, H. V., & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1), 335-356. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00423-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0)
- Susha, S. L., Singh, D. N., & Shojaei Baghini, M. (2014). A critical review of soil moisture measurement. *Measurement*, 54, 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.04.007>



Ecotono en el matorral de San Antonio



Ecotono en el matorral de Warmi Imbabura