






Índice de sostenibilidad para un ecosistema en proceso de Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L. restauración ecológica

Sustainability index for an ecosystem in the process of ecological restoration

 **Luis Eduardo Oré Cierto**
Universidad Nacional Agraria de la Selva
luisore21793@gmail.com

 **Wendy Caroline Loarte Aliaga**
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L.
wendy_loarte_aliaga@outlook.com.pe

 **Ericson Oré Cierto**
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L.
erickorec@gmail.com

RESUMEN

Las diferentes actividades antrópicas relacionadas a la agricultura, ganadería e industria en general con malas prácticas ambientales, vienen deteriorando la calidad del suelo es por ello que la restauración ambiental es un tema muy estudiado a través de los años debido a que es un proceso que ayuda a la recuperación del suelo. Se realizó un estudio sobre restauración ambiental en el área experimental del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, donde se determinó y evaluó los parámetros dasométricos de la vegetación, fisicoquímicos y de macrofauna del suelo con la finalidad de identificar su nivel de restauración a través de los años, para ello se realizaron análisis fisicoquímicos a nivel de laboratorio de los años 0, año 3 y año 5 de iniciarse el proceso de restauración ambiental, asimismo se realizaron las mediciones de los parámetros dasométricos del pino chuncho y la quina que son especies que fueron implantadas por acciones antrópicas en el área de estudio, por otra parte se determinaron los índices de diversidad alfa de la macrofauna edáfica mediante la técnica del monolito donde se obtuvo un nivel de diversidad bajo, así mismo se estimó el índice de sostenibilidad para la restauración (ISR), mediante índices de calidad del agua, caudales, calidad de suelos, carbono adicional, trabajo adicional e índice de reducción de vulnerabilidad, mediante el cual se identificó que el ISR fue buena con un valor de 0,55, por otra parte se pudo identificar que los macroinvertebrados del suelo están estrechamente relacionados con la calidad del mismo, jugando un papel imprescindible la vegetación existente en el área.

Palabras clave: Restauración ambiental, calidad, índices, parámetros, sostenibilidad.

ABSTRACT

The different anthropic activities related to agriculture, livestock and industry in general with bad environmental practices, have been deteriorating the quality of the soil, which is why environmental restoration is a subject that has been studied over the years because it is a process that helps to soil recovery. A study on environmental restoration was carried out in the experimental area of the Research Institute of the Peruvian Amazon, where the dasometric parameters of the vegetation, physicochemical and soil macrofauna were determined and evaluated in order to identify its level of restoration through the years, for this, physicochemical analyzes were carried out at the laboratory level of years 0, year 3 and year 5 of starting the environmental restoration process, likewise the measurements of the dasometric parameters of the chuncho pine and the cinchona were carried out, which are species that were implanted by anthropic actions in the study area, on the other hand, the alpha diversity indices of the edaphic macrofauna were determined using the monolith technique, where a low level of diversity was obtained, and the sustainability index for restoration was also estimated. (ISR), through indices of water quality, flows, soil quality, additional carbon, additional work al and vulnerability reduction index, through which it was identified that the ISR was good with a value of 0.55, on the other hand it was possible to identify that soil macroinvertebrates are closely related to its quality, playing an essential role existing vegetation in the area.

Keywords: Environmental restoration, quality, indices, parameters, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La agricultura comercial en base a cultivos permanentes y anuales trajeron preocupación por la explotación intensiva de la tierra, en muchos casos la introducción de estos sistemas se realizó en forma empírica y acelerada, dando origen al deterioro del potencial edáfico con una secuela de impactos ambientales negativos sobre el ecosistema, asimismo la ganadería extensiva, con mal manejo de las pasturas que es común en la selva, trajeron como consecuencia la pérdida de bosques en la Amazonía Peruana (Rojas *et al.*, 2019).

La restauración ambiental en un proceso en el cual la regeneración natural es mejorada y acelerada con la finalidad de restablecer la salud y resistencia ambiental (Cerrón *et al.*, 2019), por tal motivo en la provincia de Leoncio Prado se han suscitado

múltiples esfuerzos de recuperación de suelos, mediante propuestas del manejo de ecosistemas a través de la restauración ambiental, siendo el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, quien elaboró un Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Es por ello que a través del IIAP se determinará y evaluará los parámetros dasométricos de la vegetación, fisicoquímicos y de macrofauna del suelo de un ecosistema en proceso de restauración para estimar el índice de sostenibilidad de restauración ambiental; el presente trabajo de investigación tuvo por objetivo el de determinar y evaluar el índice de sostenibilidad para un ecosistema en proceso de restauración ecológica en la estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Huánuco; y para este fin se evaluaron los



parámetros fisicoquímicos del suelo: clase textural, pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, y bases cambiables, de la estación experimental del IIAP, para diferentes años; los parámetros dasométricos: altura, diámetro, volumen y biomasa de la vegetación; así mismo se determinaron los índices de diversidad alfa de la macrofauna del suelo de la estación experimental del IIAP; por poder de esta forma estimar el índice de sostenibilidad en la estación experimental - IIAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de trabajo

Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en una parcela de la estación experimental del IIAP, localizado en el caserío de Saipai, distrito de Pueblo Nuevo, departamento de Huánuco, con coordenadas UTM: 388210,0 m Este y 8990978,0 m Norte, a una altitud de 660 m.s.n.m.

El área tiene la siguiente secuencia histórica: bosque secundario, cultivos de maíz, café, cacao entre otros cultivos anuales, pasto para ganado vacuno, asociación del pino chuncho y la quina.

Material de análisis

Se analizó el pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), la quina (*Ladenbergia oblongifolia* Humb ex Mutis), el pasto bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), macroinvertebrados y muestras del suelo.

Materiales y equipos

Los materiales utilizados, fueron: clinómetro, barreno muestreador, marco de muestreo, wincha de 50 m, tijera podadora, bolsas herméticas y contenedores. Los equipos utilizados fueron: balanza analítica, estufa, estereoscopio y GPS.

Metodología

Propiedades fisicoquímicas del suelo

Se utilizó el patrón de muestreo al azar en zigzag por zona, estas muestras se obtuvieron insertando el barreno muestreador a 20cm de profundidad (20 submuestras por zona), el muestreo se dividió en dos partes, un muestreo de 0 a 10cm y otro de 10 a 20cm.

Parámetros dasométricos de la vegetación

Se realizó el inventario de la vegetación existente en el área de trabajo, determinando los parámetros dasométricos para los árboles de pino chuncho y la quina. Se evaluaron las variables en base a la metodología propuesta por el Ministerio Del Ambiente (2015), considerando los siguientes parámetros: Altura total, diámetro del fuste, biomasa aérea arbórea el cual se calculó a partir del volumen maderable en pie y de la densidad básica de la madera, y finalmente la biomasa área del componente herbáceo.

Índices de diversidad alfa de la macrofauna del suelo

Se dividió el área de trabajo en dos zonas, la zona alta y zona baja, y se aplicó la metodología del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) que consiste en la extracción de monolitos (25 x 25 x 30 cm) de los cuales se colectó todos los macroinvertebrados presentes. El monolito se dividió en cuatro secciones: hojarasca, 0-10, 10-20 y 20 a 30 cm. Los macroinvertebrados del suelo fueron colectados durante la estación lluviosa en el mes de marzo, en horario diurno.

Fase de laboratorio

Los análisis físicos y químicos, se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por otra parte, la densidad para el

componente arbóreo se calculó a partir de su volumen, mientras que la biomasa herbácea se calculó en peso seco del mismo para calcular el total de toneladas de materia seca por hectárea (t MS ha⁻¹) (MINAM, 2013).

Análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo

Se obtuvo información de caracterización del suelo del año 2014 (año 0) y 2017 (año 3) realizada en la estación experimental del (IIAP) (García (2014) para el año 0 y los datos de Saravia (2017) para el año 3), para realizarse el análisis estadístico y la comparación con los resultados de caracterización obtenidos en el año 5 de iniciarse el proceso de restauración ambiental, siendo el año 0 el año en que se realizaron las plantaciones del pino chuncho.

Análisis de los parámetros dasométricos

Se realizó en análisis estadístico para los parámetros dasométricos del año 3 y el año 5 del pino chuncho, mientras que para la quina solo se realizó dicho análisis para el año 5, debido a que no existen registros de estos parámetros para años anteriores.

Para calcular el diámetro a la altura del pecho, se utilizó la fórmula propuesta en el Ministerio del Ambiente (2015):

$$Dap = \text{Longitud de circunferencia (cm)} / \pi \dots (1)$$

Para determinar el volumen de los árboles en pie, se utilizó la fórmula propuesta mencionada por Reynaga (2013):

$$Vc = 0,7854x(Dap)^2 xHcx0,65 \dots (2)$$

Donde:

Vc: Volumen comercial de un árbol en pie en metros cúbicos (m³)

Dap: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m) en metros (m)

Hc: Altura comercial en metros (m)

0,7854: Valor constante resultante de $\pi/4$

0,65: Factor de forma

La forma clásica para determinar la biomasa de los árboles en el tronco es a partir del cálculo del volumen maderable en pie y de la densidad básica de la madera, la fórmula utilizada es la siguiente (MINAM, 2015):

$$P = D \times V \dots (3)$$

Donde:

P = peso seco del material vivo en toneladas (t)

D = densidad básica de la madera en gr/cm³ o t/m³

V = volumen maderable del árbol en pie en m³

Análisis de datos de los macroinvertebrados

Se calculó la abundancia con base en las muestras de 0,065 m², mientras que la densidad se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \text{número de individuos} / 0,065 \text{ m}^2$$

A los datos cuantitativos de densidad se les aplicó el análisis estadístico de varianza y se calculó los índices de diversidad alfa.

Índice de sostenibilidad para la restauración ambiental

Se adaptó la metodología propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019) de España a las normas peruanas (Ley N° 28611, Ley N° 28804, Ley N° 29325), en donde el ISR es un índice compuesto por subíndices que representan distintas dimensiones de la mitigación y adaptación al cambio climático:

$$ISR = (ICA + IQ + ICS + ICO2 + ITA + IRV) / 6 \dots (3)$$

Donde:

ICA: Índice de Calidad de Agua

IQ: Índice de Caudales

ICS: Índice de Calidad de Suelos

ICO2: Índice de Carbono Adicional

ITA: Índice de Trabajo Adicional

IRV: Índice de Reducción de Vulnerabilidad

Para el cálculo del índice de calidad del agua (ICA) de la quebrada Cruz de Motupe se aplicó el procedimiento establecido en la metodología para

la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA – PE) (ANA, 2012), realizándose el cálculo del ICA para un (01) monitoreo, donde se requiere la determinación de los factores (F1, F2 y F3) y asimismo el valor del índice de calidad de agua (CCME_{WQI}), donde se obtiene:

$$F1 = F2 \dots (5)$$

$$F1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}} \dots (6)$$

$$F2 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Número total de parámetros a evaluar}} \dots (7)$$

$$F3 = \frac{\text{Suma de excedentes}}{\text{Suma de excedentes} + 1} * 100 \dots (9)$$

Cálculo del Índice de Calidad del Agua: el cual viene dado por la raíz cuadrada del promedio de la suma de cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3.

$$CCME_{WQI} = \left(\sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}} \right) \dots (9)$$

Obteniendo el mismo resultado, un valor para el índice que se presenta como un número adimensional comprendido entre 1 - 100, el cual permite establecer escalas en cinco rangos, que son niveles de sensibilidad que se expresan y califican el estado de la calidad del agua, como Mala, Regular, Favorable, Buena y Excelente.

Tabla 01

Interpretación de la calificación del índice de calidad del agua (ICA)

ICA	95 - 100	80 - 94	65 - 79	45 - 64	0 - 44
Calificación	Excelente	Buena	Favorable	Regular	Mala

Fuente: ANA, (2012).

Índice de caudales

El índice de caudal se determinó mediante la ecuación (10), resaltando que para este índice se utilizó datos de caudales registrados en un estudio

hidrológico de la quebrada Cruz de Motupe realizado por el IIAP (2018).

$$IQ = \frac{\text{Ganancia de caudal} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}} \dots (10)$$

Tabla 02

Caudales medios mensuales generados en la quebrada Cruz de Motupe, expresado en m3/s

Meses	Caudal promedio generado
Enero	0,066
Febrero	0,065
Marzo	0,056
Abril	0,041
Mayo	0,024
Junio	0,014
Julio	0,013
Agosto	0,009
Setiembre	0,018
Octubre	0,036
Noviembre	0,056
Diciembre	0,061

Fuente: IIAP (2018).

Determinación de índice de calidad del suelo
Para el cálculo del índice de calidad del suelo (ICS) se utilizó el procedimiento mencionado por Germán (2017), en donde se realiza la selección de

indicadores de calidad de suelo y obtención del conjunto mínimo de indicadores (CMD) mediante el análisis de componentes principales (ACP), para posteriormente aplicar la fórmula de ICS. El Índice

de calidad normalizada (*Normalized quality index-QIN*) se realiza en función de los coeficientes de puntuación, valores que se obtienen calculando la variación (%) del total de datos explicado por cada componente principal, dividiendo por el total (%) de la varianza acumulada (%) explicada de todos los componentes principales, multiplicando por los valores promedios de cada indicador que conforman el CMD

$$\text{Índice de calidad normalizada (QIN)} = (\sum W_i * C_s) \dots (11)$$

Donde:

W_i= Indicador seleccionado.

C_s= Coeficiente de puntuación.

Índice de Carbono Adicional

El índice de carbono adicional se determinó mediante la ecuación (13), en donde para poder calcular el carbono orgánico se usó la ecuación (12).

$$\text{Carbono orgánico (\%)} = \frac{\text{Materia Orgánica}}{1,72} \dots (12)$$

$$\text{ICO}_2 = \frac{\text{Ganancia de CO}_2 - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}} \dots (13)$$

Índice de Trabajo Adicional

El índice de trabajo adicional se calculó mediante la ecuación (14), en donde el valor mínimo viene a ser 0 empleos.

$$\text{ITA} = \frac{\text{Trabajo adicional actual} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}} \dots (14)$$

Índice de Reducción de Vulnerabilidad

Para el índice de reducción de vulnerabilidad se utilizó componentes de exposición física a inundaciones, deslizamientos, sismos, maremotos, actividad volcánica, deslizamientos, aluviones, derrumbes, alud, erosiones, inundaciones, vientos, lluvias, heladas, sequías, granizado, nevada y friaje.

$$\text{IRV} = \frac{\text{vulnerabilidad actual} - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}} \dots (15)$$

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos del suelo

Las muestras presentaron suelos con dos clases texturales, del tipo franco a una profundidad de 0-10 cm y franco arcilloso a la profundidad de 10-20 cm, aumentando el contenido de arcilla a mayor profundidad, el pH fue ácido alcanzado valores menores a 5. La cantidad de materia orgánica y nitrógeno total del suelo registraron valores bajos de 1,2% y 0,06% respectivamente. El porcentaje de las bases cambiables del suelo fue de 62,46%, mientras que el porcentaje de ácidos cambiables fue 37,54%.

Tabla 03

Caracterización del suelo en el año 5

Parámetros	Unidad	Año 5
pH	1:1	4,400
M.O	%	1,200
N	%	0,060
P	Ppm	4,420
K	Ppm	81,380
Ca	Cmol(+)/Kg	4,290
Mg	Cmol(+)/Kg	1,450
Al	Cmol(+)/Kg	2,500
H	Cmol(+)/Kg	0,850
CICe	Cmol(+)/Kg	9,080
Bas,Camb	%	62,460
Ac. Cam.	%	37,540
Sat.Al	%	28,290

Tabla 04

Análisis estadísticos de la caracterización de suelos

Parámetros	Media	Desviación estándar	Varianza	Coefficiente de variación (%)
pH	4.043	0,592	0,350	14,641
M.O	1,743	0,823	0,677	47,199
N	0,080	0,035	0,001	43,300
P	9,073	9,227	85,130	101,690
K	114,69	74,840	5601,093	65,251
Ca	3,560	0,740	0,548	20,792
Mg	0,803	0,609	0,371	75,848
Al	2,867	1,193	1,423	41,617
H	0,957	0,716	0,513	74,839
CICe	8,180	2,147	4,608	26,241
Bas.Camb	54,440	13,136	172,563	24,130
Ac. Cam.	45,560	13,136	172,563	28,833
Sat.Al	34,827	7,497	56,203	21,526

Diagrama de los parámetros fisicoquímicos del suelo: pH, M.O, N, P, K, Mg, bases cambiables y ácidos cambiables, en función del tiempo

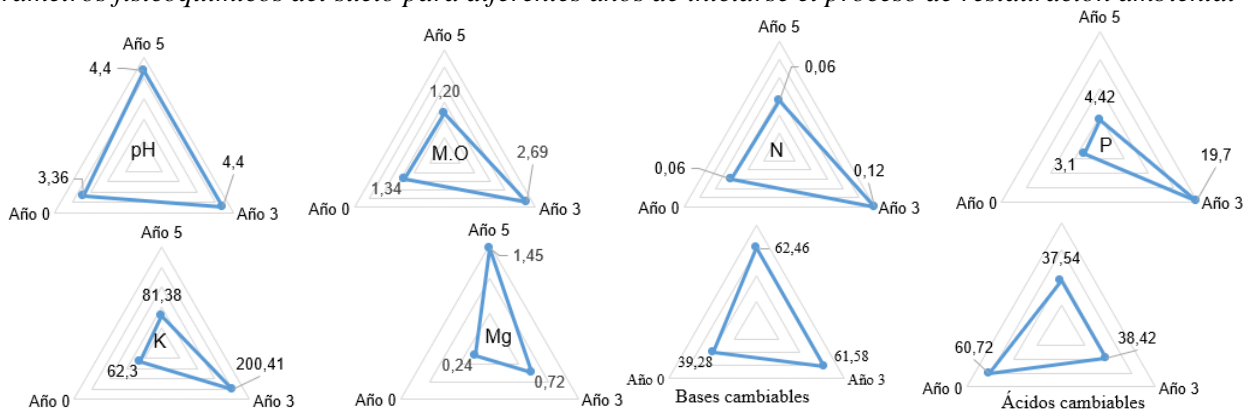
El pH del suelo se vio incrementada en 1,04 desde el proceso de restauración ambiental hasta la actualidad, e incluso uno de los valores de pH en el año 5 llegó a ser 4,47 a una profundidad de 10-20 cm, indicando que el pH en ese sector aumento en 1,11. El contenido de M.O disminuyó de 1,34 a 1,2, sin embargo, mediante un análisis a nivel de

profundidades se pudo observar que en los primeros centímetros del suelo (0-10 cm) el contenido de M.O aumentó (Figura 1).

El contenido del magnesio que aumentó de 0,24 a 1,45 cmol(+)/kg al transcurrir el tiempo, mientras los acidificantes del suelo (hidrógeno y aluminio) presentaron un comportamiento descendente, disminuyendo hasta en un 23,18% de sus ácidos cambiables (Figura 1).

Figura 01

Parámetros fisicoquímicos del suelo para diferentes años de iniciarse el proceso de restauración ambiental



Parámetros dasométricos de la vegetación: altura total, diámetro, volumen y biomasa

Vegetación registrada dentro del área de estudio

En el área de estudio se registraron 13 especies, de los cuales tres fueron introducidas, como es el caso

de la especie *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke y *Ladenbergia oblongifolia* Humb ex Mutis, siendo estas dos últimas implementadas con la finalidad de restauración y conservación.

Tabla 05

Vegetación registrada en el área de estudio

N°	Especie	Nombre Común	Año 0	Año 3	Año 5
Herbáceas					
1	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Macorilla	X	X	X
2	<i>Elephantopus scaber</i> L.	Mata pasto	X	X	X
3	<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Pega pega	X	X	X
4	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Pasto bermuda	X	X	X
		Amargón		X	X
5	<i>Taraxacum officinale</i> G. H. Weber ex Wigg.				
6	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Kudzu		X	X
7	<i>Verbena officinalis</i> L.	Verbena común			X
8	<i>Commelina virginica</i> L.	Flor de día de virginia			X
Arbustos					
9	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don	Mala hierba	X	X	X
10	<i>Piper aduncum</i> L.	Matico			X
11	<i>Vernonia patens</i> Kunth	Ocuera negra			X
Árbol					
12	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Pino chuncho		X	X
13	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> Humb ex Mutis	Quina o cascarillo			X

Registro de los parámetros dasométricos de la vegetación

Los resultados de altura total (HT) del pino chuncho se encuentran entre 2,07 m y 17,50 m, cuyos valores representan a la HT mínima y máxima respectivamente, mientras que la HT de la quina a nivel de toda la zona de estudio se encuentran entre 0,40 m y 6,80 m, con una

desviación estándar de 1,52 y una media de 2,82. A nivel de toda la zona de estudio los resultados de diámetro a la altura de pecho del pino chuncho muestran un valor máximo de 22,54 cm, mientras que la quina 13,75 cm y un valor mínimo de 1,72 cm, además presenta una media de 5,08 con una desviación estándar de 2,89.

Tabla 06

Parámetros dasométricos del pino chuncho para años diferentes

	Años transcurridos	Dap (cm)	Altura total (m)	Volumen (m3)	Biomasa (tn)
Año 3	Media	9,501	10,350	0,039	0,019
	Desviación estándar	2,659	3,099	0,027	0,013
	Varianza	7,070	9,607	0,001	0,000
	Coficiente de variación (%)	27,985	29,946	69,165	69,027
	Mínimo	3,310	2,900	0,003	0,000
	Máximo	15,340	17,000	0,120	0,060
Año 5	Media	11,267	12,609	0,062	0,029
	Desviación estándar	3,919	3,468	0,052	0,024
	Varianza	15,361	12,024	0,003	0,001
	Coficiente de variación (%)	34,785	27,500	84,579	84,671
	Mínimo	2,770	2,070	0,001	0,000
	Máximo	22,540	17,500	0,231	0,110

El volumen del pino chuncho en m3 presentó valores de 0,001 y 0,231, representado el volumen mínimo y máximo respectivamente, mientras que la quina presentó una media de 0,0067 m3 con una

varianza de 0,011, representando sus valores mínimos y máximos con 5,6x10-5 m3 y 0,05 m3, respectivamente. Con respecto a la biomasa de la quina, este presenta un valor máximo de 0,03 tn y

un mínimo de $3,8 \times 10^{-5}$ tn., con una media de 0,0046 y una desviación estándar de 0,00642, mientras que la biomasa del pino chuncho presenta valores de 0,00047 y 0,11 tn, representando los

valores máximos y mínimos respectivamente, con una media de 0,0289 y una desviación estándar de 0,02447. La biomasa herbazal fue de 0,9 tn MS/ha.

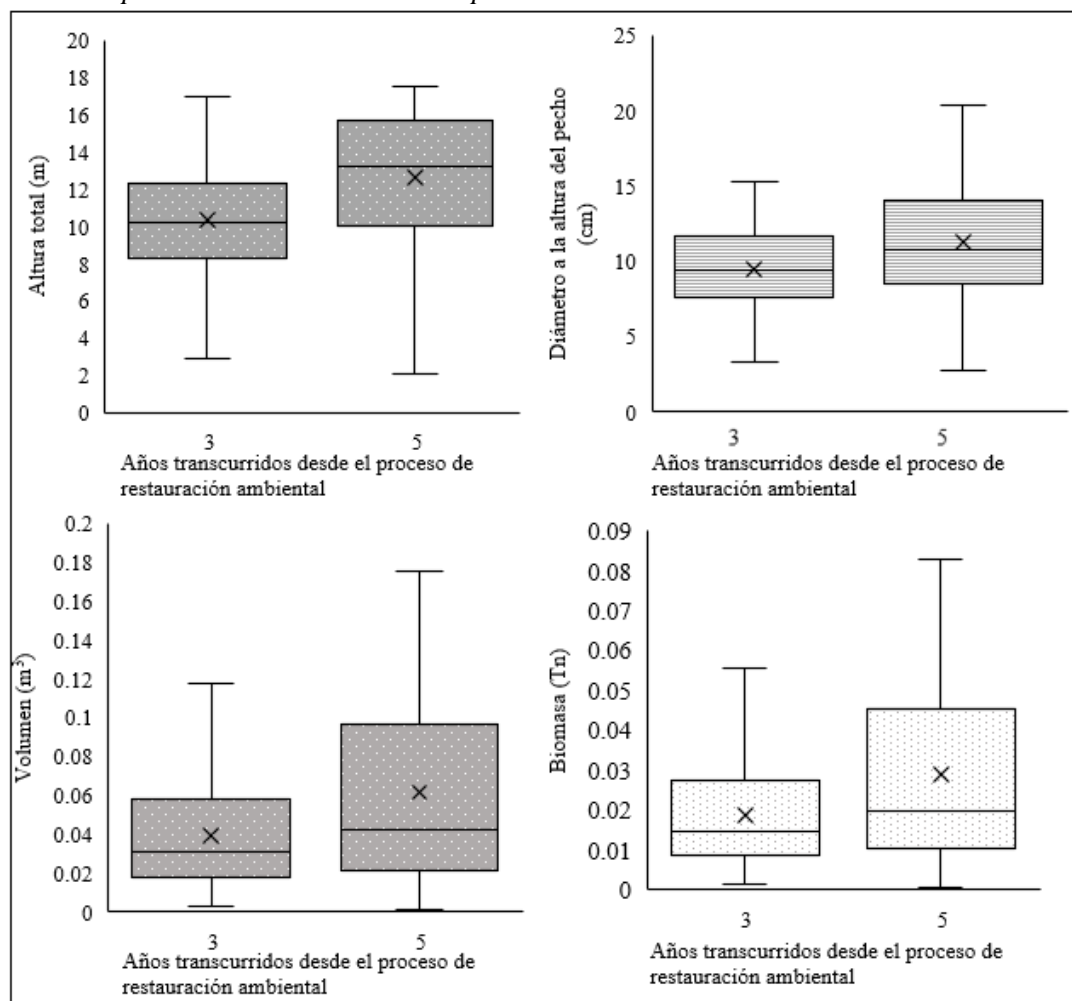
Tabla 07
Parámetros dasométricos de la quina en el año 5

Descripción	Diámetro a la altura del pecho (cm)	Altura total (m)	Volumen (m ³)	Biomasa (tn)
Media	5,09	2,82	0,006	0,004
Desviación estándar	2,89	1,52	0,01	0,007
Varianza	8,37	2,31	0,00	0,00
Coefficiente de variación (%)	56,84	53,94	160,00	161,00
Mínimo	1,72	0,40	0,00	0,00
Máximo	13,75	6,80	0,05	0,03

Se observaron variaciones de todos los valores estadísticos evaluados del pino chuncho. Los parámetros dasométricos mostraron una tendencia

al aumento, siendo la altura total y el diámetro a la altura del pecho, los parámetros que mostraron mayor incremento (Figura 02).

Figura 02
Evaluación de los parámetros dasométricos del pino chuncho



Análisis de varianza de los parámetros dasométricos

La comparación de medias del análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas significativas

en los promedios de altura total, diámetro a la altura del pecho, volumen y biomasa ($p > 0.05$).

Tabla 08

Análisis de varianza de los parámetros dasométricos

Parámetro	P(Significancia)
Año 3	
Altura total (m)	0,402
Diámetro a la altura del pecho (cm)	0,312
Volumen (m ³)	0,385
Biomasa (tn)	0,385
Año 5	
Altura total (m)	0,832
Diámetro a la altura del pecho (cm)	0,587
Volumen (m ³)	0,511
Biomasa (tn)	0,511

ANOVA entre los parámetros dasométricos del pino chuncho para el año 3 y año 5

La comparación de medias encontró diferencias estadísticas significativas en los promedios las

variables cuantitativas (altura total, diámetro a la altura del pecho y volumen) del pino chuncho a los 3 y 5 años de establecimiento ($p < 0.05$).

Tabla 09

Análisis de varianza de los parámetros dasométricos del pino chuncho a 3 y 5 años de su establecimiento

Parámetros dasométricos	P(Significancia)
Altura total (m)	0,000
Diámetro a la altura del pecho (cm)	0,001
Volumen (m ³)	0,000
Biomasa (tn)	0,000

Índices de diversidad alfa de la macrofauna del suelo

Abundancia de macroinvertebrados del suelo

En términos generales se colectó un total de 61 individuos, distribuidos en 7 órdenes y 9 especies, entre los primeros estratos de hojarasca y 0-10 cm, mientras que en los estratos 10-20 cm y 20-30 cm no se colectó ningún individuo. El mayor número de individuos encontrados fue representado por el orden *Haplotáxida* con la especie *Pontoscolex corethrurus* con 23 individuos, seguidos del orden

Hymenoptera con 20 individuos distribuidos entre las especies *Camponotus sp* y *Paraponera clavata*, el orden *Coleoptera* con 6 individuos entre las especies de *Agriotes* y *Oryctes sp*, el orden *Glomerida* con 5 individuos de la especie *Rhopalomeris sp*, el orden *Geophilomorpha* con 3 individuos de la especie *Ityphilus sp*, el orden *Blattodea* con 3 individuos de la especie *Periplaneta americana* y el orden *Araneae* con 1 individuo de la especie *Scytodes sp*.

Tabla 10

Especie y número de individuos de macroinvertebrados por zona

Orden	Especie	Z.A* - H***	Z.A.0-10 (cm)	Z.B** - H	Z.B.0-10 (cm)
Araneae	<i>Scytodes sp</i>	1	0	0	0
Haplotáxida	<i>Pontoscolex corethrus</i>	1	17	0	5
Hymenoptera	<i>Camponotus sp</i>	9	6	4	0
	<i>Paraponera clavata</i>	1	0	0	0
Geophilomorpha	<i>Ityphilus sp</i>	2	1	0	0
Glomerida	<i>Rhopalomeris sp</i>	2	1	2	0
Blattodea	<i>Periplaneta americana</i>	3	0	0	0
Coleoptera	<i>Oryctes sp</i>	0	0	1	1
	<i>Agriotes</i>	0	1	0	3

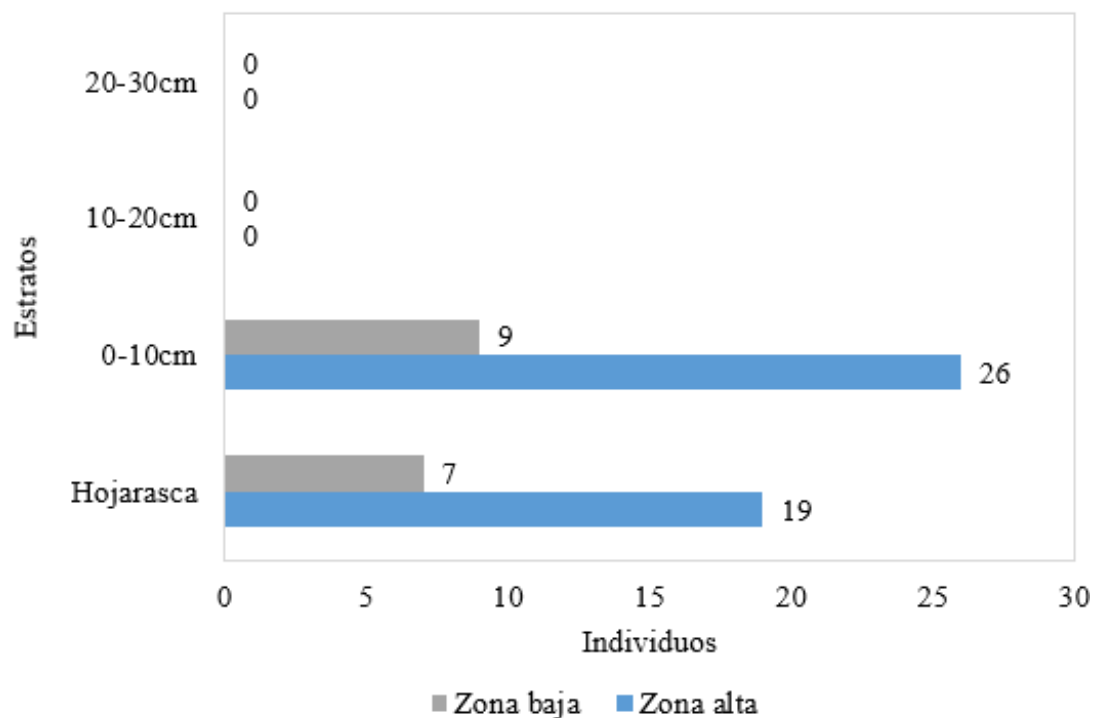
*Zona alta; **zona baja***hojarasca

Distribución vertical de los macroinvertebrados del suelo

El estrato con mayor número de individuos es 0-10 cm con un total 35 individuos. Seguida del estrato de hojarasca con 26 individuos (Figura 03).

Figura 03

Distribución vertical por estratos de los macroinvertebrados



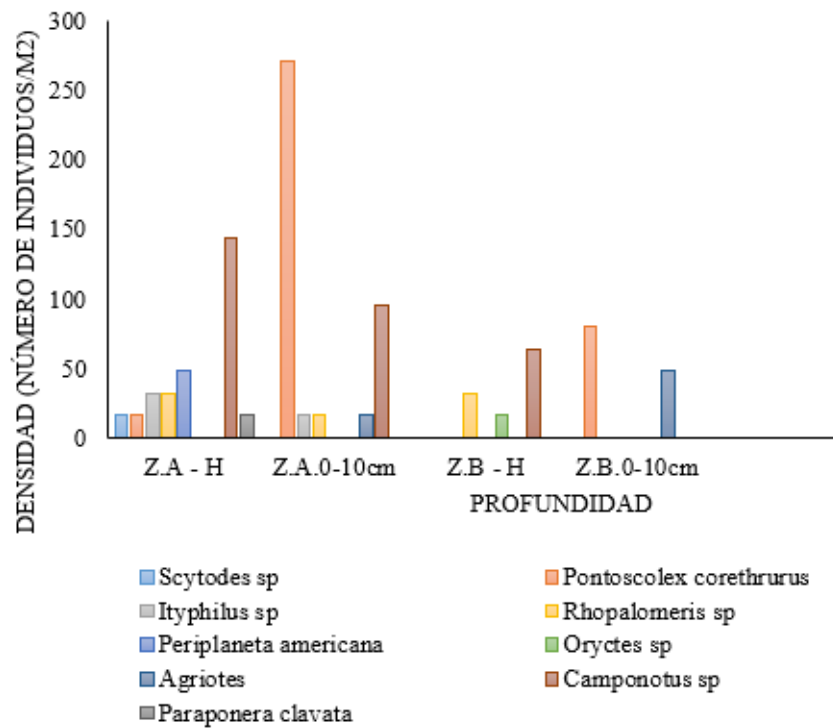
Densidad de macroinvertebrados

La densidad superficial de macroinvertebrados encontrados en los primeros estratos, representan valores bajos. Sin embargo, cabe mencionar que respecto a las dos zonas, la zona alta constituye el valor más alto con 720 núm. de ind/m2 que

corresponde al 75% de la densidad total de las zonas, mientras que la zona con menor densidad fue zona baja con 240 núm. de ind/m2 correspondiente a un 25% de la densidad total de las zonas evaluadas (Figura 04).

Figura 04

Densidad de macroinvertebrados en la zona baja y zona alta



Análisis de varianza para los macroinvertebrados por zonas

La comparación de medias no encontró diferencias estadísticas significativas en los promedios de las densidades entre las zonas ($p > 0,05$), por tal

motivo se acepta la hipótesis de igualdad de medias y concluimos que los macroinvertebrados en las distintas zonas de estudio poseen la misma densidad media.

Tabla 11

Análisis de varianza de macroinvertebrados por zona

ANOVA	
Densidad (ind/m²)	P(Significancia)
Entre grupos	0,133

Índices de diversidad alfa

El índice de Margalef tanto para la zona baja y alta, indica valores que denotan una baja riqueza de especies, con valores de 1,443 y 1,839 respectivamente.

El índice de Shannon-H al igual que el índice de Margalef en las dos zonas, denota una muy baja diversidad en el área, presentando valores de 1,544 en la zona baja y 1,528 en la zona alta, encontrándose por debajo del rango establecido como de alta diversidad biológica.

Los indicadores de dominancia variaron de 0,2266 a 0,2859, y se refieren a las zonas baja y alta, de mayor a menor dominancia respectivamente, lo cual indica que existe dominancia de la especie *Pontoscolex corethrurus* y *Camponotus sp* en el ecosistema. Por otra parte, los resultados del índice de equidad de Pielou (J') se encuentran entre 0,9592 y 0,7349, que corresponden a una alta y media homogeneidad en las zonas baja y alta.

Tabla 12

Resumen de diversidad alfa para las zonas en estudio.

Índices de diversidad α	Zona baja	Zona alta
Especies	5,000	8,000
Individuos	16,000	45,000
Dominancia	0,227	0,286
Shannon_H	1,544	1,528
Margalef	1,443	1,839
Pielou (J')	0,959	0,735

Índice de sostenibilidad para la restauración ambiental

parámetros evaluados el que supera los estándares de calidad ambiental del agua.

El índice de calidad de agua para la quebrada Cruz Motupe es excelente, siendo uno de nueve

Tabla 13

Índice de calidad del agua

Número de parámetros que NO cumplen	1
Número total de parámetros a evaluar	9
Número de datos que NO cumplen el ECA	1
Número total de datos	9
F1	0,11
F2	0,11
F3	7,21
Índice de calidad del agua (ICA)	0,95

El índice de caudales fue de 0,85 el cual califica como un índice muy bueno, siendo los caudales evaluados los del mes de agosto y el mes de enero. El índice de calidad del suelo (ICS) actualmente es

0,603 calificando como un índice bueno. Sin embargo, cabe resaltar al transcurrir el tiempo el índice de calidad del suelo fue mejorando de deficiente, regular a bueno.

Tabla 14

Índice de calidad del suelo

Año	Q _N	ICS
Año 0	5,057	0,088
Año 3	17,725	0,309
Año 5	34,563	0,603
Suma	57,345	1,000

El ISR para el paisaje reportó un valor de 0,55 lo cual indica que la sostenibilidad de la restauración ambiental es buena. El índice de calidad del agua (ICA) y el índice de caudales (IQ) presentaron las mejores calificaciones, en el caso del ICA la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran

dentro de los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua. El ICO2 refleja más claramente el impacto de las acciones de restauración, debido a que dichas acciones se han iniciado recientemente, este índice reporta un valor de 0,1 lo cual representa un índice deficiente.

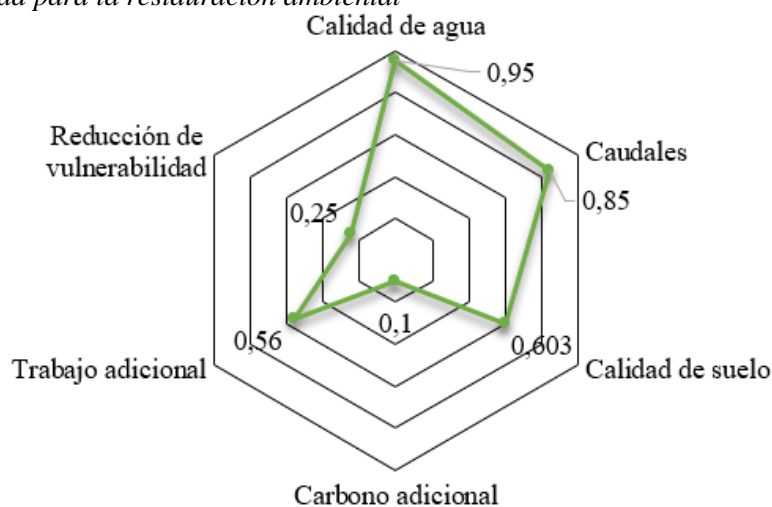
Tabla 15

Índice de sostenibilidad para la restauración ecológica

Índice	Valor	Interpretación
ICA	0,95	Excelente
IQ	0,85	Muy buena
ICS	0,603	Buena
ICO ₂	0,1	Deficiente
ITA	0,56	Muy buena
IRV	0,25	Deficiente
ISR	0,55	Buena

Figura 05

Índice de sostenibilidad para la restauración ambiental



DISCUSIÓN

La textura del suelo evaluado presentó en los primeros 10 cm una textura media (Franco) y de 10-20 cm una textura fina (Franco arcilloso) indicando que a mayor profundidad el contenido de arcilla aumenta, así mismo se pudo observar in situ que a mayor profundidad mayor es la compactación del suelo, compactación que según Gómez *et al.* (2018) es una de las causas de la degradación física del suelo, provocada por presión sobre esta. El resultado del análisis del suelo en la zona evaluada en el año 0 presentaba un pH de 3,36 lo cual es "extremadamente ácido", mientras que en el año 5 de haber iniciado el proceso de restauración ambiental el nivel de pH incrementó

en 1,04, manteniéndose en un nivel extremadamente ácido, estos valores de pH aún no son aptos para la agricultura debido a que este factor influye en la estructura y la composición del suelo (Sánchez *et al.*, 2021). Con respecto a la cantidad de materia orgánica, la zona de estudio actualmente presenta un valor bajo de M.O < 2, sin embargo, se pudo observar que en el año 3 el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio del suelo aumentaron, comportamiento que se justifica con el abonamiento realizado aquel año, en el año 5 se registró también el incremento de estos parámetros con respecto al año 0, excepto de la materia orgánica que se mantuvo igual.

El pino chuncho y la quina aportan mayor contenido de materia orgánica al suelo, que al

descomponerse por los microorganismos, interactúan directamente en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y otros), liberándolos dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes) (Cajilema y Piguabe, 2020), siendo indispensable para el crecimiento y producción vegetal, asimismo se observó en el año 5 que cuanto mayor es el contenido en arcilla, menor es la cantidad de potasio y fósforo disponible, comportamiento corroborado por López *et al.* (2019). El contenido total de fósforo también depende de la materia orgánica en suelos tropicales, al aumentar predominan los fosfatos orgánicos y se obtiene una mayor cantidad de fósforo total (Couceiro *et al.*, 2018).

En el año 5 del proceso de restauración ambiental se observó que el porcentaje de bases cambiables aumentó por ende el contenido Ca y Mg incrementaron, actualmente el porcentaje de bases cambiables en la zona de estudio es positivo para el suelo, ya que estas representan una reserva permanente de nutrientes para las plantas, debido a que estos iones al ser positivos pueden ser intercambiados por iones de la misma carga de la solución del suelo (Cajilema y Piguabe, 2020), dependiendo de la capacidad total del cambio del suelo de la arcilla y la materia orgánica contenida en ella. Mientras que los acidificantes del suelo (hidrógeno y aluminio) presentaron un comportamiento descendente para el año 3 y año 5 con respecto al año 0, esto puede ser debido a que la vegetación aumentó en el transcurso de estos años. Siendo la vegetación quienes al aportar materia orgánica al suelo y estos al transformarse en humus, reemplaza al aluminio por los cationes

como calcio y magnesio.

En el presente estudio, los parámetros dasométricos de la vegetación a través del tiempo, específicamente el pino chuncho no se ven afectadas por los parámetros físicos y químicos del suelo, ya que estas soportan ambientes perturbados y es una de las especies más fáciles de manejar sosteniblemente, debido a su buena capacidad de regeneración y alta tasa de crecimiento (Herbert, 2020), ayudando así al proceso de restauración ambiental del área estudiada, además aportan materia orgánica que incorpora la hojarasca. En el año 5, el pino chuncho llegó a alcanzar una altura máxima de 17.5 m y un diámetro del fuste máximo de 22.54 cm, indicando su rápido crecimiento con respecto a su altura, ya que generalmente estos árboles alcanzan medidas de 28.0 m a 36.0 m (Vílchez, 2020), además se encontró diferencias estadísticas significativas en los promedios de los parámetros dasométricos del pino chuncho a los 3 y 5 años de iniciarse el proceso de restauración ambiental, indicando que el crecimiento de estos árboles sigue su ritmo normal.

La mayor cantidad de especies e individuos de macroinvertebrados se evidenció en las capas superficiales del suelo, hecho que está asociada con el incremento en los contenidos de materia orgánica, siendo el orden *Haplotáxida e Hymenoptera* las más frecuentes debido a que tienen la habilidad para sobrevivir en ambientes perturbados. La presencia de hormigas en área de trabajo coincide con los resultados obtenidos por Cabrera *et al.* (2019), estudio en el cual se los propuso como un grupo importante para la recuperación de la calidad del suelo y para predecir sistemas que se encuentren en proceso de agotamiento biológico o de regeneración, además

la especie *Pontoscolex corethrus* también fue identificada en un estudio realizado por Travezaño (2021).

La vegetación registrada aporta materia orgánica al suelo y por ende juega un papel importante en la presencia de macroinvertebrados en ella y en la fertilidad de suelos, a nivel de toda la zona de estudio se encontró poca presencia de macroinvertebrados, representados en 7 órdenes, esta deficiencia puede ser a causa del pH ácido del suelo, ya que estos ralentizan la actividad biológica afectando negativamente a su distribución de la fauna edáfica (López, 2006). Se espera que con el pasar del tiempo la cantidad de individuos aumente, ya que el pino chuncho y la quina liberan residuos vegetales sobre la superficie del suelo que brindan protección y fuente de alimento para los macroinvertebrados, así como las mejores condiciones físicas (mayor humedad por la abundante cobertura superficial y menor densidad del suelo en los primeros centímetros) (Olmos *et al.*, 2021).

En el año 5 del proceso de restauración ambiental se pudo observar que el contenido de materia orgánica fue 1.20% lo cual refleja una baja concentración de materia orgánica que según Muñoz (2019) está relacionado con la baja actividad biológica y escasa biomasa microbiana, esta afirmación se contrarrestó con la cantidad de especies de macroinvertebrados registrados en área de estudio que fue de 9 especies.

En el área estudio el índice de calidad de suelo fue de 0,603 y en un estudio realizado por Barrera *et al.*, (2019) el mayor ICS se reflejó en un suelo de cultivo de cacao joven con un valor de 0,49 que califica el suelo con una calidad moderada, mientras que en el mismo estudio se evidenció un

ICS de 0,39 para un suelo con cultivo de cacao maduro lo que reflejó un nivel de baja calidad, frente a estos resultados se puede afirmar que los cultivos afectan a la calidad del suelo. El índice de calidad de suelo fue mejorando a través del tiempo, de deficiente calidad en el año 0 a buena calidad en el año 5, obteniendo así con el tiempo la capacidad para funcionar dentro de un ecosistema, mediante este resultado se puede afirmar que a medida que mejora la calidad del suelo mejora también la salud de la vegetación y la fauna del mismo.

La perturbación periódica de un área puede variar significativamente por su área y nivel de perturbación, por tal motivo es necesario conocer la extensión, intensidad y frecuencia con lo que ocurría algún evento que pudiera influenciar en la degradación del área a estudiar, sin embargo el presente estudio no se cuenta con dicha información ya que no se llegó a conocer la densidad de ganados en el área de estudio, pero si se llegó a determinar la calidad del sitio mediante índices calidad y el índice de sostenibilidad de restauración ambiental, en el cual se obtuvo un valor de 0.55, el cual representa un índice de sostenibilidad “bueno”, conocer estos valores nos ayuda a determinar la magnitud de la restauración ambiental ya que estos influyen en la capacidad de regeneración de la vegetación nativa (Renjppo *et al.*, 2019).

En el año 0 del proceso de restauración ambiental no solo se determinó una baja diversidad de especies vegetales sino también una baja calidad de suelo y por ende una baja diversidad de macrofauna edáfica, ya que la actividad ganadera que allí existía probablemente redujo severamente la calidad del sitio, así mismo Barrera *et al.* (2019) mencionan que diferentes prácticas de uso de suelo

modifican de manera diferente la calidad de sitio, por ejemplo las actividades ganaderas intensas, extensas y de larga duración reducen severamente la calidad de sitio.

En el presente estudio se registró la especie *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn desde el año 0 hasta el año 5, de igual manera se registró dicha especie en un estudio registrado por Rengifo (2018), este es una macorilla que afecta en cierto grado el proceso de restauración ambiental, causando enormes pérdidas económicas e inhibe el desarrollo de la vegetación nativa, así mismo Rengifo (2018) nos menciona también que la especie *Pteridium* es una de las especies comunes en la etapa de regresión, al destruirse el bosque, comienzan por estas especies. En el área de estudio se observó que al pasar los años la vegetación fue aumentando, obteniendo hasta la actualidad (año 5) 13 especies de vegetales, siendo la mayoría de ellos herbáceas y 3 especies introducidas por el hombre, contribuyendo así a acelerar el proceso de restauración ambiental ya que entre menor es la calidad del suelo menor es el nivel de restauración ambiental, por otra parte en un estudio realizado por Cásas (2019) donde investigó la restauración ambiental en un área pastizal concluyó que el pastizal tiene un alto potencial de restauración ambiental, detallando que en el primer año de restauración se pudo observar gramíneas, asimismo el autor afirmó que la especies forestales ayudan a el proceso en mención, es así como se puede afirmar que la implementación del pino chuncho y la quina juntamente con la intervención constante del hombre para contribuir a la restauración ambiental acelera su proceso.

CONCLUSIONES

El pH, fósforo, potasio y bases cambiables del suelo, incrementaron su contenido al transcurrir los años, mientras que la materia orgánica disminuyó y el nitrógeno mantuvo su valor, desde el proceso de restauración ambiental.

Los parámetros dasométricos del pino chuncho y la quina aumentaron sus valores, el pino chuncho obtuvo una altura total máxima de 17,5 m y la quina de 6,8 m.

Los índices de diversidad alfa fueron bajas.

El índice de sostenibilidad para la restauración fue buena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aide, M., Zimmerman, K., Herrera, L., Rosario, M., Serrano, M. (1995). Recuperación de bosques en pasturas tropicales abandonadas en Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 77(2): 77 - 86.
- [2] ANA. (2012). Metodología para la determinación del Índice de Calidad del Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA – PE). [En línea]: Autoridad Nacional del Agua (ANA), (https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf, documentos, 10 de junio 2019).
- [3] Barrera, J., Barreuzeta, S., García, R. (2019). De los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Metropolitana de Ecuador*. 3(1):183-190.
- [4] Bernabeu, I. (2019). Consecuencias de la urbanización sobre la comunidad de macroinvertebrados del suelo: patrones de riqueza a lo largo de un gradiente urbano-suburbano-rural. *Universidad de Coruña, La Coruña – España*. 27 p.
- [5] Cajilema, M., Piguabe, C. (2020). Estimación de materia orgánica en el suelo y biomasa del

- páramo de Quimiag. Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador. 115 p.
- [6] Cabrera, H., Murillo, F., Villanueva, J., Adame, J. (2019). Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. *Rev. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(17):231-241.
- [7] Cásas, M. (2019). Restauración de un Pastizal post-forestación: análisis de la primera etapa sucesional. Universidad de la República de Uruguay. Tesis para optar el grado de licenciado en ciencias biológicas. 32 p.
- [8] Colina, E. (2019). Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo. Universidad Técnica De Babahoyo. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agropecuario. Babahoyo – Ecuador . 32 p.
- [9] Couceiro, J., Cabello, M., Pérez, D., Amador, S., Martínez, E., Guerrero, J. (2018). Aplicación de fósforo y potasio y corrección de carencias de oligoelementos en el pistachero. En línea: <https://chaparrillo.castillalamancha.es/sites/default/files/foropistachos/2022-01/pistacho%204.pdf>.
- [10] Cerrón, J., Fremout, T., Atkinson, R., Cornelius, J. (2019). Experiencias de restauración y fuentes semilleras en el Bosque Seco Tropical del norte del Perú. 62 p.
- [11] Garcia, L. (2014). Determinación de la influencia del abono orgánico (tropimax) en las propiedades del suelo y en el crecimiento del pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*). Tesis. Tingo maría. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 95p.
- [12] German, M. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. 1era edición. Entre Ríos: Ediciones INTA. Argentina. 151 p.
- [13] Gómez, N., Villagra, k., Solorzano, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria) *Tecnología en Marcha*. 31 (1): 168.
- [14] Herbert, S. (2020). Siembra y cosecha de agua con atrapanieblas para forestación como mecanismo del cuidado del medio ambiente produciendo materia prima y evitando desastres en el área de influencia en lomas del distrito de villa maría del triunfo – lima, Tesis para optar el título de Ing.Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú. 108 p.
- [15] Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). (2018). Estudio hidrológico de la quebrada Cruz de Motupe y manantial Motupe para la acreditación de la disponibilidad hídrica superficial del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Investigación y Tecnologías Validadas del IIAP de la Sede de Huánuco.” Aspectos Generales”. Tingo María, Perú. 51 p.
- [16] MINAGRI. (2017). Informe de seguimiento del plan operativo institucional 2017 al III trimestre. Perú. 125 p.
- [17] MINISTERIO DE AGRICULTURA, Dirección General Forestal y de Fauna. 1976. Evaluación de plantaciones forestales del Perú. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). [En línea]: FAO, (<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE1976101285>, 04 de junio 2019).
- [18] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). Índice de sustentabilidad para la restauración de paisajes. [En línea]: MARN, (<http://www.marn.gob.sv/marn-presenta-el-indice-de-sustentabilidad-para-la-restauracion/>, 10 de junio 2019).
- [19] MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2013). Estimación el stock de carbono en bofedales - Huancavelica. Huancavelica, Perú.17 p.
- [20] MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación, Registro de variables. [En línea]: MINAM, (<http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FLORA-Y-VEGETACI%C3%83-E2%80%9CN.compressed.pdf>, 23 de junio 2019).
- [21] Muñoz, V. (2019). Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo. Universidad Técnica De Babahoyo. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agropecuario. Babahoyo. 32 p.

- [22] López, A. (2006). Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Universidad de Sevilla, Sevilla, España. 143 p.
- [23] López, W., Reynoso, R., López, J., Villar, B., Camas, R., García, J. (2019). Physical-chemical characterization of soils cultivated with corn in Villaflores, Chiapas. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 10(4): 897-910.
- [24] Olmos, S., García, F., García, A., García, L., Ortiz, A., Vasquez, A. (2021). La concentración de CO₂ y la variación de la temperatura en tiempos del Covid. *Samanca*, España. 134 p.
- [25] Rengifo, N. (2018). evaluación del crecimiento de la shapumba (*Pteridium aquilinum*) para la mejora de suelos degradados en puente piedra- lima ,2018. Universidad Cesar Vallejo. Lima -Perú. 99 p.
- [26] Renjgo, D., Baquero, O., Gaviria, A. (2019). Construcción de un Índice de Sostenibilidad Ambiental y su aplicación en parcelas productivas campesinas del Municipio de Dagua. *Revista Científica y Tecnología Ingeniería y Competitividad*. 21(2):1-13.
- [27] Reynaga, M. (2013). Criterios en la medición de árbol en pie. [En línea]: MINAGRI, (<http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie%20.pdf>, documentos, 29 de marzo. 2019).
- [28] Rojas, N., Barboza, E., Maicelo, J., Oliva, S., Salas, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 81 (2538): 1–34.
- [29] Sánchez, D., Silva, L., Murillo, Y., Huaman, A. (2021). Influencia del pH y sales del suelo en la estructura y composición de un Bosque Tropical Estacionalmente Seco del Perú. *Revista Científica Pakamuros*. 9(4): 148-159.
- [30] Saravia, J. (2017). Variables cuantitativas y cualitativas en una plantación de Pino Chuncho (*Schizolobium amazonicum*) con tres años de establecido en el distrito José Crespo y Castillo. *Práctica Pre-Profesional*, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 75 p.
- [31] Travezaño, E. (2021). Influencia de los bordes de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y aliso (*Alnus acuminata*) en la macrofauna de suelos cultivados de papa. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero agronomo. Mantaro – Perú. 104 p.
- [32] Vílchez, C. (2020). caracterización dendrológica de la familia fabaceae del área de conservación privada “el tornillal”, Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Tesis para optar el título de ingeniero en Ciencias Agrarias. Huancayo - Perú. 99 p.