



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS – DINA / PIBT-JB

Dirección: La Paz: Av. Arce N° 2041 Piso 2

Teléfonos: 591(2) 2612284 – Fax: 591(2) 2126023

Página web: [umsa.bo/web/dina](http://umsa.bo/web/dina)

Correo: [dina.umsa@gmail.com](mailto:dina.umsa@gmail.com)

Tumupasa: Planta baja, edificio de la Sub Alcaldía, Plaza principal  
San Buenaventura: Centro Regional Universitario Radio UMSA 99.1 FM



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
PROGRAMA INTEGRAL BIOLÓGICO TURÍSTICO-JARDÍN BOTÁNICO

**DINA**  
DIVISIÓN DE DESARROLLO  
INTEGRAL DEL NORTE  
AMAZONICO



## CUADERNILLO TÉCNICO N° 21

PROYECTO “EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE USO DE  
SUELOS PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR EN  
TUMUPASA



### PILARES ESTRATÉGICOS PIBT - JB:

Conservación,  
Biodiversidad y Medio  
Ambiente

Seguridad  
Alimentaria

Salud  
Integral

Socio  
Cultural

Eco  
Urbanismo

Turismo Ecológico  
y Científico

Implementación  
Físico Espacial

Gestión Agroforestal e  
Innovación Tecnológica



Ph.D. Arq. Jorge Antonio Erick Sainz Cardona  
**RECTOR a.i.**  
 Dr. Walter Montaña Perez  
**VICERRECTOR a.i.**  
 Ing. Alberto Arce Tejada  
**SECRETARIO GENERAL**

**SEGUNDA FASE 2015 – 2020 Estudios e investigaciones del Pilar Seguridad Alimentaria**

**DIRECTOR DEL INSTITUTO DE DESARROLLO REGIONAL**

Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sánchez

**JEFE DINA Y COORDINADOR PIBT-JB**

M.Sc. Carlos Rolando Enríquez Rojas

**MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DEL PIBT-JB**

Ph.D. Andrés Calizaya Terceros – INSTITUTO DE HIDRAULICA E HIDROLOGÍA, FAC. INGENIERIA

Lic. Jose Hidalgo Quezada, CARRERA DE TURISMO, FAC. DE HUMANIDADES

Lic. Esther Valenzuela Celis – CARRERA DE BIOLOGÍA, FAC. CS. PURAS Y NATURALES

**INVESTIGADORES/ AUTORES**

Ph.D. Roberto Miranda Casas – IIAREN, FAC. DE AGRONOMÍA

Ing. Romulo Marza Mamani – Coordinador del Proyecto, INSTITUTO DE DESARROLLO REGIONAL

Ing. Jose Luis Calle Peralta – DINA/PIBT-JB

Ing. Carlos Choque Tarqui – ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO

Lic. Magaly Mendoza Apaza – DINA / PIBT-JB

Ph.D. David Cruz Choque – FACULTAD DE AGRONOMÍA

M.Sc. Juan Jose Aparicio Porres – IIAREN, FAC. AGRONOMÍA

**APOYO LOGISTICO**

Personal de la oficina del DINA / PIBT-JB Tumupasa

**PROPIEDAD INTELECTUAL: UMSA Programa Integral Biológico Turístico Jardín Botánico**

**INSTITUCIONES COADYUVANTES**

Sub Alcaldía del Distrito de Tumupasa – GAM San Buenaventura, Consejo Indígena del Pueblo Tacana CIPTA, Federación Sindical de Productores Agropecuarios de la Provincia Abel Iturralde FESPAI

**EDICIÓN: UMSA – DINA/PIBT-JB. La Paz, Junio 2020**

**INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	4
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivo General	6
2.2 Objetivos Específicos	6
<b>3. METODOLOGÍAS</b>	<b>7</b>
3.1 Muestreo de suelos	7
3.2 Características físicas y químicas de los suelos de Tumupasa	8
3.3 Aptitud de uso del suelo para la caña de azúcar	9
3.3.1 Criterios para definir el potencial de los campos para el cultivo de la caña de azúcar	9
a. Localización	9
b. Suelos	9
c. Clima	9
d. Agua para riego	9
e. Densidad poblacional humana	10
f. Topografía	10
g. Evaluación de Tierras	10
h. Clases de aptitud de tierra	12
i. Identificación de la mejor aptitud de uso	14
j. Unidades de Tierra	15
k. Cualidades de la Tierra (CT)	16
3.4 Localización del Proyecto	16
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>18</b>
4.1 Clima	18
4.1.1 Temperatura	18
4.1.2 Precipitación	18
4.1.3 Evaporación y Evapotranspiración	18

4.2 Características físicas y químicas de los suelos de Tumupasa	20
4.2.1 Calicata 1	20
4.2.2 Calicata 2	21
4.2.3 Calicata 3	22
4.2.4 Calicata 4	24
4.2.5 Calicata 5	25
4.2.6 Calicata 6	27
4.2.7 Calicata 7	28
4.2.8 Calicata 8	30
4.2.9 Calicata 9	31
4.2.10 Calicata 10	33
4.2.11 Calicata 11	34
4.2.12 Calicata 12	35
4.2.13 Calicata 13	37
4.2.14 Calicata 14	38
4.3 Uso actual de la tierra	39
4.3.1 Uso ganadero extensivo e intensivo	40
4.3.2 Uso agrosilvopastoril	40
4.3.3 Uso forestal	41
4.3.4 Uso restringido	42
4.4 Aptitud de uso de suelo para la caña de azúcar	42
4.5 Cultivo de la Piña	51
<b>5. IMPACTO</b>	<b>52</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>

## CUADERNILLO TÉCNICO N° 21

### PROYECTO “EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE USO DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN TUMUPASA”

#### 1. INTRODUCCIÓN

##### 1.1 Antecedentes

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander, 1985).

Según el FDTA (2005), la caña de azúcar se estableció en el siglo XVI y fue traída por los misioneros religiosos al departamento de Santa Cruz y plantada en la región de los valles mesotérmicos y área integrada por sus características agroclimáticas. Esas variedades fueron adaptándose a las condiciones locales y luego pasaron a ser consideradas como variedades regionales. Los rendimientos oscilan entre 50 a 55 t/ha con tendencia a disminuir. De acuerdo a la publicación del periódico El Deber del 8 de diciembre del 2019, el rendimiento promedio de la caña de azúcar bajo de 50 a 45.6 t/ha.

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que producen una

amplia gama de derivados, entre los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable.

### 1.2 Justificación

El complejo Agroindustrial de San Buena Ventura se crea según la Ley No 3546 del 28 de noviembre del 2006. Según su artículo primero señala: “Se declara de Prioridad Nacional la construcción del Complejo Agroindustrial de San Buenaventura, teniendo como base la implementación del Ingenio Azucarero del Norte Paceño, ubicado en San Buenaventura, Provincia Abel Iturralde del Departamento de La Paz, para la producción de azúcar, biocombustible en base al etanol, alcohol anhidro y alcohol deshidratado, así como también la producción de palma africana para la producción de aceite y biodiesel, como fuentes de energía renovable y compatible dentro del marco de la producción ecológicamente sostenible”. Además, en su artículo segundo **“Naturaleza de la Empresa”**, se crea la Empresa “Complejo Agroindustrial de San Buenaventura”, con carácter de entidad de derecho público, con patrimonio propio, autonomía de gestión técnica, financiera, administrativa y legal, con participación y control social, bajo tuición de la Prefectura Departamental de La Paz; por estas características se la define como una empresa de carácter público social.

La empresa de Azúcar (EASBA) tiene una capacidad de molienda de 4400 toneladas de caña por día y para ello requiere de 11000 hectáreas de producción.

Ante la implementación de la Empresa Azucarera San Buenaventura EASBA en la región del Norte Amazónico Paceño, Municipio de San Buenaventura, la UMSA recibió una nota de parte del Sr. David Beyuma Cartagena, Sub Alcalde del Distrito de Tumupasa solicitando el apoyo con un estudio de suelos para el cultivo de caña de azúcar ya que existía el interés de las comunidades de ingresar a la producción del cultivo mencionado. Ante esta situación la División de Desarrollo Integral del Norte Amazónico DINA en

coordinación con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales, Estación Experimental de Sapecho de la Facultad de Agronomía y el Instituto de Desarrollo Regional de la UMSA comienzan a planificar el proyecto “Evaluación de la Aptitud de Uso de Suelo para el cultivo de caña de azúcar en Tumupasa” para determinar la calidad de los suelos de Tumupasa y determinar los factores edáficos que determinan el rendimiento de la caña de azúcar.

Figura 1. Socialización del proyecto con autoridades de Tumupasa (Sub alcaldía y CIPTA)



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Prospección de los terrenos a ser evaluados en el proyecto en compañía del Sr. David Beyuma, sub alcalde de Tumupasa y productores del lugar



Fuente: Elaboración propia

## 2. OBJETIVOS

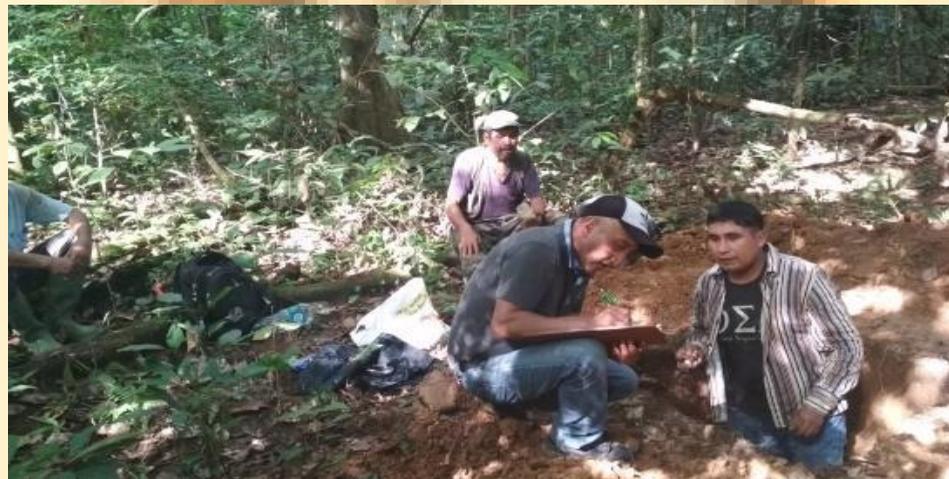
### 2.1 Objetivo General

Determinar la aptitud de uso de suelos para el cultivo de la caña de azúcar en la localidad Tumupasa Municipio de San Buenaventura

### 2.2 Objetivos Específicos

- Tomar muestras de suelos del Distrito de Tumupasa que incluye las parcelas de la Asociación de Productores de Caña de Azúcar APCA.
- Determinar las características físicas y químicas de los suelos de Tumupasa.
- Determinar la aptitud de uso del suelo para la caña de azúcar.

Figura 3. Muestreo de suelos con el equipo técnico del proyecto y productores



Fuente: Elaboración propia

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 Muestreo de suelos - parcelas de la Asociación de Productores de Caña de Azúcar APCA.

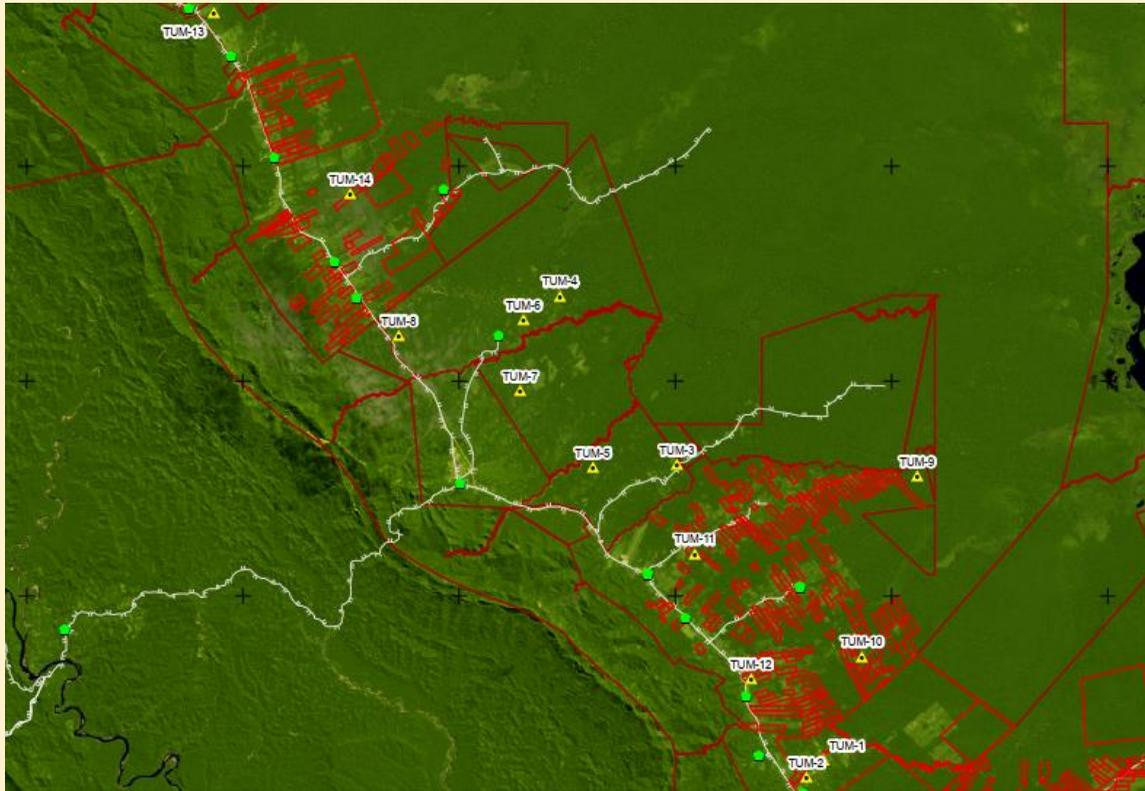
Para la toma de muestras de suelo, se realizó una primera visita al Municipio de Tumupasa, en la que se recabó información sobre el número de productores de caña de azúcar, y otros y definir las áreas de muestreo, los mismos fueron definidos por los productores, por tanto, la ubicación de los puntos de muestreo corresponde a los puntos de interés de los mismos productores. La localización de los puntos de muestreo se muestra en la siguiente tabla y figura siguientes.

Tabla 1. Localización de las calicatas descritas en el Municipio de Tumupasa

Perfil	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Perfil	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
TUM-1	636858	8422368	368	TUM-8	617215	8442152	322
TUM-2	636055	8421576	358	TUM-9	641184	8435598	263
TUM-3	630079	8436121	279	TUM-10	638628	8427211	200
TUM-4	624668	8443969	248	TUM-11	630906	8431986	266
TUM-5	626182	8435995	321	TUM-12	633513	8426172	266
TUM-6	622975	8442867	248	TUM-13	608665	8457169	271
TUM-7	622830	8439562	278	TUM-14	614967	8448730	274

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Figura 4. Localización de las calicatas en predios de los productores de Tumupasa



Fuente: Conservación internacional (2011)

### 3.2 Características físicas y químicas de los suelos de Tumupasa.

Fueron identificados 14 puntos, en los cuales se realizaron 14 calicatas para la descripción de los perfiles de los suelos en base a la “Guía para la descripción de perfiles de la FAO, 2006”. Se procedió a la descripción física y morfológica de los primeros 60 a 80 cm de profundidad y se extrajeron muestras de los 2 a 3 primeros horizontes.

Las variables observadas fueron: profundidad del suelo, profundidad de los horizontes, profundidad de las raíces, textura, estructura, adhesividad, consistencia, presencia de organismos entre otros.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés para la determinación de variables como clase textural, pH, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, sodio, potasio, acidez intercambiable, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible.

### 3.3 Aptitud de uso del suelo para la caña de azúcar

#### 3.3.1 Criterios para definir el potencial de los campos para el cultivo de la caña de azúcar

- a. **Localización:** Identificación inicial del nuevo sitio para un nuevo proyecto de inversión en la producción de la caña de azúcar, localización geográfica y acceso. Distancia efectiva a la fábrica.
- b. **Suelos:** conocer las características físicas, químicas y biológicas mediante un muestreo de toda el área con potencial de producción.
- c. **Clima:** es importante conocer la precipitación promedio anual y su distribución, tomando en cuenta que se requiere un período adecuado de época seca para la correcta planificación de la cosecha. Período de radiación, importante en la fotosíntesis. Amplitud térmica, la máxima posible. Latitud y elevación, para establecer las posibles tendencias de la floración.
- d. **Agua para riego:** determinar la disponibilidad de agua en el período de estiaje y en los períodos de mayor demanda por parte del cultivo. Capacidad potencial de almacenamiento, calidad del agua (conductividad eléctrica). Peligros de inundación.

**e. Densidad poblacional humana:** se busca que la densidad poblacional sea la menor posible para evitar problemas de acceso. Sin embargo, puede incidir en la falta de mano de obra para labores varias en las fincas.

**f. Topografía:** preferiblemente plana. Terrenos ondulados e inclinados con pendientes no mayores al 15 por ciento pueden utilizarse siempre y cuando se hagan las labores de conservación de suelos adecuadas para minimizar los riesgos de erosión. Costos de ingeniería para drenajes, si es necesario. Es importante determinar la altitud media y específica de cada sitio importante dentro del área de producción.

**g. Evaluación de Tierras**

Se define el uso potencial productivo de la tierra como el mejor uso que se puede dar al recurso suelo para obtener una mayor productividad, requiere de un análisis complejo de innumerables características de la misma tierra que permitan diferenciar la capacidad de la tierra para usos específicos. La evaluación de Tierras se refiere a la "evaluación de su rendimiento" cuando se utilizan para fines concretos. Supone la ejecución e interpretación del clima, suelos, vegetación y otros aspectos de la Tierra en función de los requisitos de otras formas de uso. Para que tenga valor en la planificación, al margen de usos de la tierra considerados debe limitarse a aquellos pertinentes al contexto físico, económico y social de la región considerada y que en las comparaciones deben incorporarse consideraciones de tipo económico.

La metodología utilizada en la evaluación de la tierra se basa en el "Esquema para la Evaluación de Tierras", (FAO, 1976). Las actividades principales que comprende la evaluación biofísica de la tierra son las siguientes:

Recolección de la información sobre el recurso tierra (suelos, vegetación, clima y otros) y aspectos socioeconómicos;

Identificación y definición de los tipos de utilización de la tierra (TUT) a considerarse y la estipulación de sus requerimientos en términos de grados de las cualidades (la demanda de características de la tierra);

A partir del análisis de las unidades de terreno, de sus componentes y otros parámetros biofísicos, identificación de las características relevantes de cada cualidad de la tierra y sus niveles críticos que dan como resultado las unidades de tierra. Se consideran también posibles mejoramientos de cualidades para la aplicación de TUTs determinados (la oferta de características de la tierra);

Comparación de los requisitos de los tipos de utilización de la tierra con las cualidades de las unidades de la tierra, por componentes;

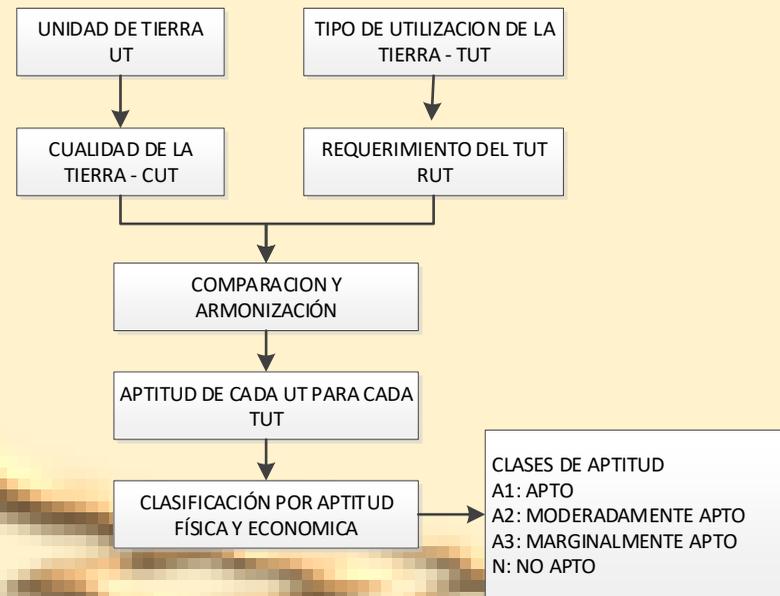
Clasificación de la aptitud de la tierra; la cualidad más limitante es determinante para la clasificación.

*Figura 5. Identificación de los puntos para calicatas dentro del mapa del distrito de Tumupasa*



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 6. Proceso Conceptual para la determinación de la Aptitud de Uso del Suelo.



Fuente: (FAO, 1976)

Entonces, la aptitud de la tierra se establece comparando los grados de las cualidades de cada componente de las unidades de terreno (con o sin mejoramientos) con los requerimientos de los tipos de utilización considerados. La cualidad más limitante determina la clase de aptitud.

#### h. Clases de aptitud de la Tierra

En el presente trabajo y según la metodología de la FAO, se emplean cuatro clases de aptitud:

Clase I: Aptitud buena (A1); Clase II: Aptitud regular (A2); Clase III: Aptitud marginal o restringida (A3); Clase IV: No apta (N). Las clases expresan la aptitud de la tierra y se

aplican para cada tipo de utilización de la tierra. Las clases fueron definidas en base a la guía de la FAO (FAO, 1976):

#### Clase I: Aptitud buena (A1)

Tierras sin limitaciones significativas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización aplicando las prácticas de manejo correspondientes. Existe un mínimo de restricciones que no reducen la productividad o los beneficios en forma significativa. En caso de aplicar insumos, la eficiencia es relativamente alta.

#### Clase II: Aptitud moderada (A2)

Tierras que presentan limitaciones moderadas para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización con las prácticas de manejo correspondientes. Las limitaciones reducen la productividad o los beneficios. Esto obliga a aplicar insumos a un nivel que reduce los resultados globales del uso. Aunque todavía atractivos, estos beneficios son sensiblemente menores que los correspondientes a la clase de aptitud buena.

#### Clase III: Aptitud marginal o restringida (A3)

Tierras que presentan limitaciones fuertes para la producción sostenible de un determinado tipo de utilización, con las prácticas de manejo correspondientes. Estas limitaciones disminuyen los rendimientos o los beneficios por el aumento de los insumos necesarios cuya eficiencia es reducida. Los costos solamente son justificados marginalmente.

#### Clase IV: No apta (N)

Tierras cuyas condiciones excluyen una producción sostenible del tipo de utilización considerada.

**i. Identificación de la mejor aptitud de uso**

Para identificar la Aptitud de uso de la tierra, se confrontan la cualidad de la tierra (CT) con los Requerimientos del Tipo de Utilización de la Tierra (RUT) para cada factor que límite o propicie la utilización de la tierra. A fin de elegir la mejor aptitud física de uso de la tierra se utiliza el método de Limitación Máxima, para ello, esta aptitud física global de un área de tierra para un TUT se toma de la Cualidad de la Tierra más limitante, en otras palabras, la CT cuya evaluación resultó peor. Se deben valorar las CTs en una escala proporcionada, por ejemplo, '2' para CT1 debe en algún sentido ser 'tan malo como' '2' para CT2.

La ventaja de este método es la simplicidad, 'la ley del mínimo' (Leibig 1840); si los niveles de severidad de CTs se definen según un conjunto standard de reducción de rendimiento, y si estos factores de rendimiento no presenten interacciones entre sí, la clase de aptitud obtenida por este método es correcta.

En la práctica general de la FAO, A1 corresponde a 80-100% del rendimiento óptimo; A2 al 40-80 %, y el A3/N1 al 20-40 %. Pero algunos factores físicos no afectan el rendimiento, solamente dificultan el manejo. La desventaja: no se diferencia entre áreas de tierra con numerosas limitaciones y las con uno sólo, siempre y cuando la limitación máxima sea el mismo.

Tabla 2. Características físico naturales que determinan la aptitud de uso para la caña de azúcar

Cualidad	Parámetro	Unidad	Rangos de Aptitud			
			Apto	Mod. Apto	Marg. Apto	No Apto
Clima	Temperatura	oC	22 -32	20-22; 32-35	18 - 20	< 18
	Precipitación	mm	> 1500	1250-1500	1250-1000	< 1000
Topografía	Pendiente	%	0 - 8	ago-16	16 - 30	> 30
	Drenaje externo	Cualitativo	Bueno	Moderado	Pobre	Inundable
Suelo	Drenaje Interno	Cualitativo	Bueno	Moderado	Pobre	Inundable
	Textura	----	F, FY	FYA, FYL, FL, FA	AF, YL	Y, A
	Al+H	meq/100 suelo	0 a 0.5	0.51 - 1.0	1 - 1.5	> 1.5
	CIC	meq/100 suelo	> 30	12 - 30	6 - 12	< 6
	MO	%	> 4	2 - 4	1-2	< 1
	N	%	> 0.2	0.1 - 0.2	0.05-0.1	< 0.05
	Fósforo	ppm	> 14	6.5 - 14	2 - 6.5	< 2
	Potasio	meq/100 suelo	< 0.5	0.2 - 0.5	0.1 . 0.2	< 0.1
	Magnesio	meq/100 suelo	> 4	1.5 - 4	0.5 - 1.5	< 0.5
	Ca/Mg	meq/100 suelo	> 15	2.5 - 15	1.5 - 2.5	< 1.5
Culturales	Profundidad efectiva	cm	> 100	80 . 100	50 - 80	< 50
	Rendimiento	kg/ha	> 80	80 -55	55 - 40	< 40

Fuente: Conservación internacional (2011)

**j. Unidades de Tierra (UT)**

Las unidades de tierra en base a las características de paisaje son: Serranías, Colinas, Pie de monte, penillanura, llanuras y una depresión aluvial. En el caso de Tumupasa, las unidades de Tierra encontradas fueron: Serranías, colinas y llanura aluvial.

Los puntos de muestreo se encuentran prácticamente en dos unidades fisiográficas como son las colinas bajas con disección moderada y la llanura de pie de monte con disección moderada, sin embargo, prácticamente todos los puntos se encuentran la llanura de pie de monte que coincide con la cercanía a la carretera y a los asentamientos de las diferentes colonias.

**k. Cualidades de la Tierra (CT)**

Las cualidades de tierras, así como los parámetros para calificar a las cualidades de tierra tomadas en cuenta en el presente trabajo son:

**Tabla 3. Descripción de las cualidades de la tierra**

EUT: Efecto de Uso de la Tierra	Importante	IM
	Moderado	MO
	Ligero o inaplicable	IN
EVC: Existencia de valores críticos	Frecuente	FRE
	Poco Frecuente	PFRE
	Raro o inexistente	INE
Di: Disponibilidad de información	No Obtenible	NOB
	Obtenible	OB
ESUT: Efecto sobre el uso de la Tierra	Relevante	RE
	No relevante	NRE

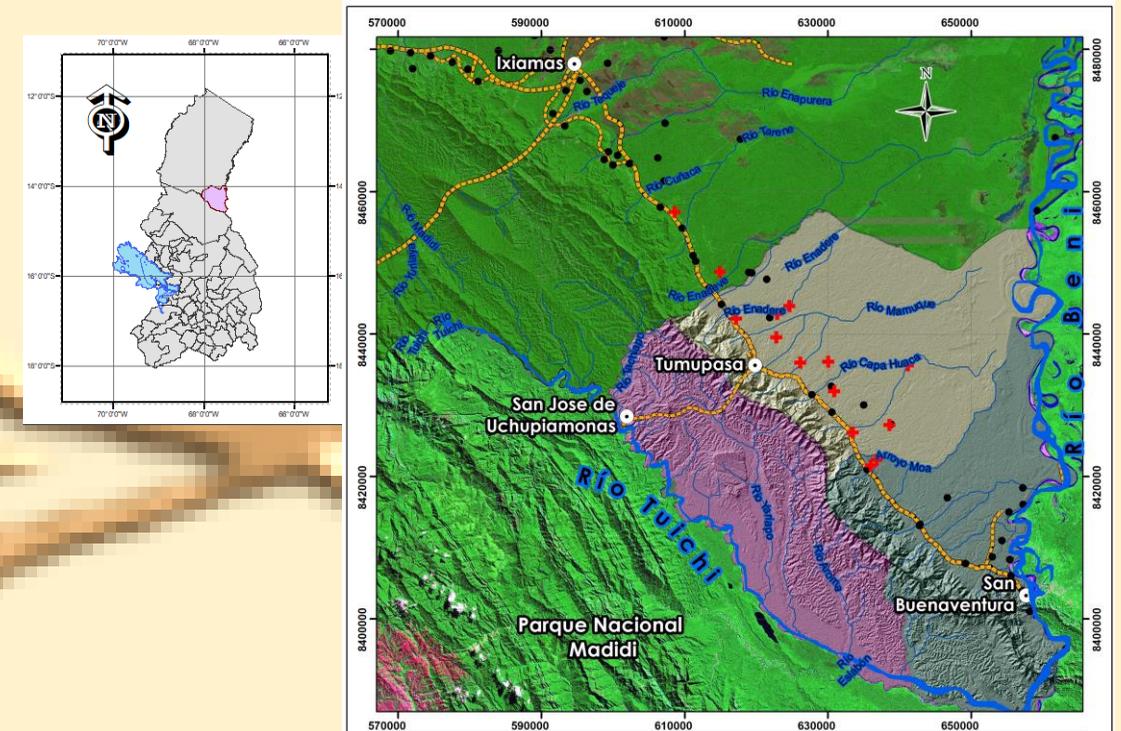
Fuente: .....

**3.4 Localización del proyecto**

Tumupasa es la capital de la segunda sección del Municipio de San Buena Ventura. Se encuentra ubicada en el municipio de San Buena Ventura, segunda sección de la provincia Abel Iturralde al Norte del departamento de La Paz. Geográficamente, se encuentra ubicada entre las coordenadas 13° 47' 12,48" y 14° 35' 44,03" de Latitud Sur. 67° 27' 25" y 68° 04' 54,4" de Longitud Oeste. La altura varía entre 171 a 1251 msnm. El punto más bajo se encuentra en el río Beni,

mientras que el punto más alto se halla en la serranía de Hurehuapo. Dista a 481 km al norte de la ciudad de La Paz (Figura 10).

*Figura 1. Ubicación del Municipio de Tumupasa en el Departamento de La Paz*



Fuente: Elaboración propia

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Clima

El municipio de Tumupasa presenta un clima cálido que se comporta con relativa homogeneidad en el espacio y cierta estacionalidad en el tiempo. La temperatura media anual es de 25,7 °C, con las máximas temperaturas en octubre y las mínimas en julio. Respecto a la precipitación, se distingue también una estacionalidad temporal que define la “época de lluvias” (noviembre a marzo), y la “época seca” (abril a octubre) donde las precipitaciones se reducen hasta 80 mm en agosto. La humedad relativa se mantiene alta durante los meses de diciembre a junio (85%), mientras que de julio a noviembre se reduce hasta 73 por ciento.

#### 4.1.1 Temperatura

Las máximas temperaturas se presentan entre octubre y diciembre (>27°C); mientras que las mínimas, en julio (<23°C), lo que significa una oscilación térmica anual de ± 4°C. Existe una relativa variación espacial de la temperatura influida directamente por las serranías.

#### 4.1.2 Precipitación

El régimen de precipitaciones (lluvias) se caracteriza por ser monomodal y presentar una época seca (abril a octubre) y una época de lluvias (noviembre a marzo). Las precipitaciones mínimas se observan durante el mes de agosto y septiembre (aproximadamente 74 mm en el Angosto del Bala). Los valores máximos de precipitación se dan en febrero (aproximadamente 377 mm en el Angosto del Bala).

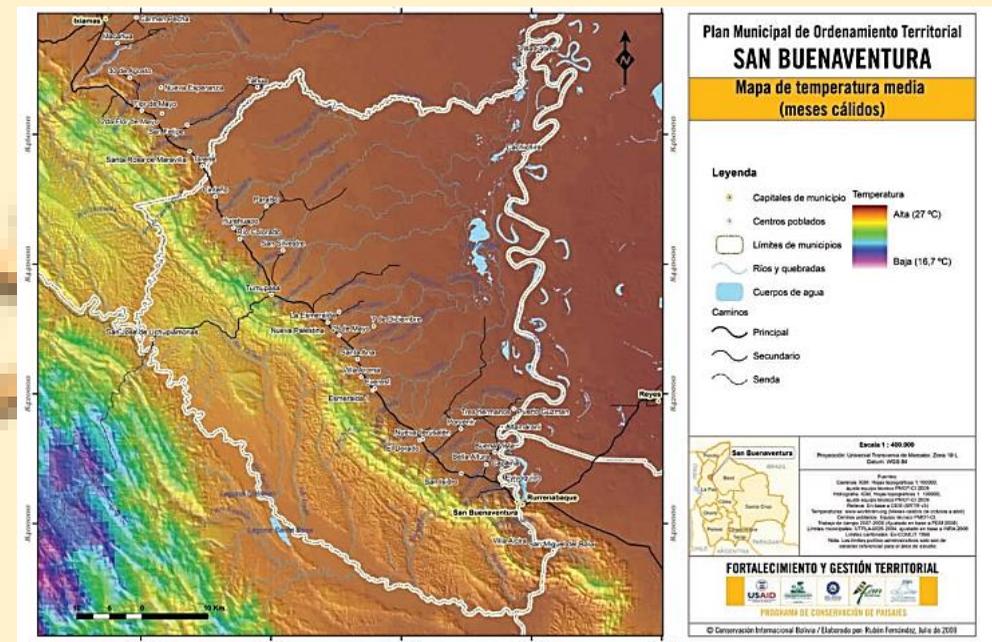
#### 4.1.3 Evaporación y evapotranspiración

La evaporación media anual es de 3,8 mm/día, la máxima se presenta en octubre con 4,8 mm/día y la mínima en junio con 2,8 mm/día. Los valores de evaporación son particularmente importantes para las regiones inundables en época húmeda y para los

cuerpos de agua permanente, como la Laguna Moa, al Este del Municipio y los meandros dejados por antiguos cursos del río Beni.

La evapotranspiración potencial calculada por el método Thornthwaite, presenta valores máximos en diciembre con 3,79 mm/ día, mientras los mínimos se ocurren en junio con 2,15 mm/día.

Figura 8. Distribución de la temperatura ambiente en el distrito de Tumupasa



Fuente: PMOT GAM SAN BUENAVENTURA 2015

## 4.2 Características físicas y químicas de los suelos de Tumupasa

### 4.2.1 Calicata 1

Estos suelos se encuentran en la localidad de Esmeralda. Geográficamente se ubican entre los 636858 de Latitud Sur y 8422368 de Longitud Oeste, a una altitud de 368 msnm. Pendientes de 1 a 2 %, se encuentran en el pie de monte. La textura de la capa arable es franco limoso y el pH medido en agua es de 6.2, siendo ligeramente ácido, no presenta salinidad. El primer horizonte es orgánico (MO de 9.8%) y presenta una profundidad de 7 cm, el nitrógeno total se encuentra en cantidades moderadas (Nt=0.44%), solo los primeros 7 cm presentan un contenido alto de fósforo y ello se debe a la presencia de la materia orgánica, ya que por debajo de este horizonte orgánico el P se encuentra en cantidades muy bajas (P: 1.2 ppm). Asimismo, la capacidad de retener nutrientes es adecuado en los primeros 7 cm siendo moderados a bajos por debajo de los 7 centímetros (Tabla 7 y 8).

Tabla 4. Características físicas de los suelos de la calicata 1 en Comunidad Esmeralda

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H <sub>2</sub> O	mmho/cm
Ao	0 a 7	30	52	18	Franco Limoso	0.828	2.003	6.2	0.12
C1	7 a 26	19	55	26	Franco Limoso	1.225	2.393	6.1	0.03
C2	> 26	27	37	36	Franco Arcilloso	1.319	2.354	6.0	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.. Características químicas de los suelos de la calicata 1 en Comunidad Esmeralda

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	0 a 7	9.88	0.44	14.87	0.65	12.21	4.35	0.24	0.27	17.73	1.5
C1	7 a 26	0.51	0.08	1.23	0.65	1.51	1.87	0.14	5.00	9.18	54.5
C2	> 26	0.40	0.08	1.19	0.09	1.54	2.24	0.16	6.22	10.26	60.6

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2 Calicata 2

Estos suelos se encuentran en la comunidad de Esmeralda. Geográficamente se ubican entre los 636055 de Latitud Sur y 8421576 de Longitud Oeste, a una altitud de 358 msnm. Pendientes de 1 a 2 %, se encuentran en el pie de monte. La textura de la capa arable es franco arcilloso y el pH medido en agua es de 5.2, siendo moderadamente ácido, no presenta salinidad. El primer horizonte presenta un contenido bajo de materia orgánica (MO: 0.66%). La profundidad de este horizonte mineral es de 17 cm y por encima de ella se encuentra un horizonte orgánico de 3 cm de espesor. El nitrógeno total se encuentra en cantidades bajas (Nt=0.11%), El P se encuentra en cantidades muy bajas (P: 1.98 a 1.53 ppm). Asimismo, la capacidad de retener nutrientes expresado en su capacidad de intercambio catiónico es moderado, llegando a 13 meq/100 g de suelo. (Tabla 9 y 10).

Tabla 6. Características físicas de los suelos de la calicata 2 en Comunidad Everest

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3	H2O	mmho/cm	
A1	3 a 20	39	34	27	Franco Arcilloso	1.263	2.271	5.2	0.02
C1	20 a 40	37	34	29	Franco Arcilloso	1.290	2.361	5.6	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Características químicas de los suelos de calicata 2 en Comunidad Everest

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
A1	3 a 20	0.66	0.11	1.98	0.14	1.02	0.19	0.11	11.59	13.04	88.8
C1	20 a 40	0.47	0.07	1.53	0.06	0.79	0.14	0.08	12.91	13.98	92.3

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Calicata 3

Estos suelos se encuentran camino a Agrofort, en una llanura aluvial. Geográficamente se ubican entre los 630079 de Latitud Sur y 8436121 de Longitud Oeste, a una altitud de 279 msnm. Pendientes de 1 a 2 %, se encuentran en la Llanura aluvial. La textura de la capa arable es franco arenoso a franco y el pH medido en agua es de 6.2, siendo ligeramente ácido, sin embargo, por debajo de los 8 cm, la acidez aumenta a 5.4 siendo moderadamente ácido, no presenta salinidad. El primer horizonte es orgánico y presenta un

contenido alto de materia orgánica (MO: 5.3%), mientras que el horizonte mineral, este contenido de MO baja drásticamente a valores de 0.62%. La profundidad de este horizonte mineral es de 22 cm. El nitrógeno total tiene el mismo comportamiento que la MO, es decir, es medio en el horizonte orgánico y bajo en el horizonte mineral. El fósforo es bajo en todo el perfil del suelo (Tabla 11 y 12). Con excepción del horizonte orgánico, son suelos con un 85% de saturación del aluminio e hidrógeno que podrían ocasionar la mala asimilación de nutrientes por los cultivos como la caña de azúcar.

Tabla 8. Características físicas de los suelos de la calicata 3, camino a Agrofort

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3	H2O	mmho/cm	
Ao	0 a 8	52	32	16	Franco Arenoso	0.984	2.151	6.2	0.12
A1	8 a 30	47	29	24	Franco	1.319	2.338	5.4	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Características químicas de los suelos de la calicata 3, camino a Agrofort

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	0 a 8	5.30	0.46	5.95	0.03	12.57	3.53	0.04	0.38	16.55	2.3
A1	8 a 30	0.62	0.08	1.55	0.46	0.87	0.55	0.03	10.82	12.72	85.1

Fuente: Elaboración propia

**4.2.4 Calicata 4**

Estos suelos se encuentran cerca del río Enadere en una llanura fluvial. Geográficamente se ubican entre los 624668 de Latitud Sur y 8443969 de Longitud Oeste, a una altitud de 248 msnm. Pendientes de 1 a 2 %, se encuentran en la Llanura aluvial. La textura del perfil del suelo varía de Franco a franco arcillo limoso. El pH del suelo varía entre 5.5 a 5.8, incrementándose con la profundidad. Al igual que los otros perfiles de suelo, este suelo, presenta un horizonte orgánico de 5 cm, debajo del cual se encuentran los horizontes minerales. El contenido de los diferentes elementos como el nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, etc., disminuyen gradualmente con el incremento de la profundidad (Tabla 13 y 14), sin embargo la acidez intercambiable (Al e H), aumentan con la profundidad y disminución de la materia orgánica. La acidez intercambiable aumenta conforme disminuyen los valores de la materia orgánica, lo que determina que la materia orgánica neutraliza la acidez del suelo.

Tabla 10. Características físicas de los suelos de la calicata 4

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
Ao	0 a 5	33	48	19	Franco	1.034	2.503	5.5	0.09
A1	5 a 34	16	51	33	Franco Arcillo Limoso	1.176	2.510	5.7	0.01
B	34 a 42	36	41	23	Franco	1.190	2.528	5.7	0.02
C1	> 42	52	29	19	Franco Arenoso	1.364	2.416	5.8	0.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Características químicas de los suelos de la calicata 4

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	0 a 5	2.27	0.07	6.06	0.04	6.33	1.84	0.09	0.53	8.83	6.0
A1	5 a 34	1.24	0.02	2.08	0.41	4.46	1.91	0.06	33.96	40.80	83.2
B	34 a 42	0.55	0.03	2.11	0.06	3.30	1.38	0.45	12.02	17.21	69.9
C1	> 42	0.33	0.02	7.36	0.02	2.52	1.64	0.16	5.53	9.87	56.0

Fuente: Elaboración propia

**4.2.5 Calicata 5**

Estos suelos se encuentran en la llanura aluvial... Geográficamente se ubican entre los 626182 de Latitud Sur y 626182 de Longitud Oeste, a una altitud de 321 msnm. Pendientes de 1 a 2 %, se encuentran en la Llanura aluvial. La textura en general de todo el perfil es franco y el pH del suelo varía entre 5.6 a 6.2 siendo moderadamente ácido a ligeramente ácido. Este suelo no presenta el horizonte orgánico debido al uso de la tierra para la agricultura de arroz y yuca entre otros, en este sentido los contenidos de MO se encuentran por debajo de 2%, la cual disminuye con la profundidad (Tabla 15 y 16). La acidez intercambiable (Al e H), aumentan a partir de los 34 cm de profundidad, llegando a alcanzar valores de 64%, lo que representa una limitación para el desarrollo de ciertos cultivos debido a la poca disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, la capacidad de intercambio de cationes, la cuál es un indicador de la fertilidad de suelos, se encuentra entre 6 a 8 meq/100 g de suelo, siendo considerados deficientes.

Tabla 12. Características físicas de los suelos de la calicata 5

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
A1	0 a 12	36	48	17	Franco	1.008	2.259	6.0	0.05
A2	12 a 34	29	45	26	Franco	1.250	2.432	5.6	0.02
C1	34 a 78	41	34	25	Franco	1.307	2.617	6.2	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Características químicas de los suelos de la calicata 5

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
A1	0 a 12	1.98	0.21	2.46	0.05	6.48	1.25	0.10	0.36	8.24	4.4
A2	12 a 34	1.21	0.02	1.59	0.16	4.22	0.90	0.05	1.20	6.54	18.4
C1	34 a 78	0.51	0.06	1.85	0.06	1.89	0.51	0.09	4.55	7.08	64.2

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.6 Calicata 6

Estos suelos se encuentran en San Silvestre en paisaje de llanura aluvial. Geográficamente se ubican entre los 622975 de Latitud Sur y 8442867 de Longitud Oeste, a una altitud de 248 msnm. La topografía es plana con pendientes de menores a 2 %, se encuentran en la Llanura aluvial. La textura varía de franco en el horizonte superficial a franco arcillo limoso en horizontes más profundos. El pH del suelo varía de ligeramente ácido en los primeros 5 cm a moderadamente ácido con la profundidad. Asimismo, la materia orgánica y el nitrógeno es alto (5.8% de MO), la cual disminuye drásticamente luego de los primeros 5 cm. La acidez intercambiable aumenta con la disminución de la materia orgánica hasta valores de 84% de acidez, lo que limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Tabla 17 y 18).

Tabla 14. Características físicas de los suelos de la calicata 6 en San Silvestre.

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
A1	0 a 4	29	48	23	Franco	0.889	1.949	6.5	0.10
A2	4 a 35	13	50	37	Franco Arcillo Limoso	1.081	2.264	5.9	0.02
C1	> 35	14	56	30	Franco Arcillo Limoso	1.188	2.325	5.9	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Características químicas de los suelos de la calicata 6 en San Silvestre.

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
A1	0 a 4	5.85	0.48	2.86	0.06	9.78	5.37	0.13	0.20	15.54	1.3
A2	4 a 35	0.73	0.12	2.77	0.28	0.32	2.23	0.16	15.88	18.86	84.2
C1	> 35	0.47	0.09	7.70	0.05	0.11	1.84	0.26	24.10	26.35	91.4

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.7 Calicata 7

Estos suelos se encuentran camino a San Pablo (camino al infierno) sobre la llanura fluvial. Geográficamente se ubican entre los 622830 de Latitud Sur y 8439562 de Longitud Oeste, a una altitud de 278 msnm. La topografía es plana con pendientes de menores a 2 %. La textura es franca en todo el perfil y el pH es neutro en los primeros 5 cm, llegando a ser moderadamente ácidos con la profundidad, este parámetro está asociado con la acidez intercambiable que también aumenta con la profundidad hasta llegar a valores por encima de los 70%. La materia orgánica es considerado alto en los primeros 5 cm y el nitrógeno total medio, sin embargo, estos disminuyen con la profundidad, al igual que el fósforo que se encuentra en cantidades bajas, al igual que el calcio y el magnesio.

Tabla 16. Características físicas de los suelos de la calicata 7, camino al Infierno

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3	H2O	mmho/cm	
Ao	0 a 5	49	38	13	Franco	0.945	2.302	6.8	0.16
A1	5 a 33	38	49	14	Franco	1.263	2.340	5.5	0.02
C1	33 a 75	46	31	23	Franco	1.237	2.272	5.7	0.01
C2	> 75	40	38	22	Franco	1.319	2.337	5.6	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Características químicas de los suelos de la calicata 7, camino al Infierno

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	0 a 5	4.75	0.44	5.00	0.04	11.41	3.39	0.15	0.26	15.25	1.7
A1	5 a 33	0.58	0.05	2.95	0.52	0.11	0.05	0.08	2.47	3.23	76.6
C1	33 a 75	0.40	0.04	1.96	0.02	0.57	0.60	0.09	14.55	15.83	92.0
C2	> 75	0.44	0.03	1.85	0.01	0.04	0.09	0.56	5.40	6.10	88.6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.8 Calicata 8

Estos suelos se encuentran entre el río *Enadere* y *Mamuque*, en el piedemonte. Geográficamente se ubican entre los 617215 de Latitud Sur y 8442152 de Longitud Oeste, a una altitud de 322 msnm. La topografía es ligeramente ondulada con pendientes de menores a 2 a 3 %. La textura es franca franco arcilloso en profundidad. El pH es moderadamente ácido y está asociado con la acidez intercambiable que también aumenta con la profundidad hasta llegar a valores por encima de los 80%. La materia orgánica es medio en la capa orgánica y disminuye rápidamente en los horizontes subsuperficiales, al igual que el nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y sodio (Tabla 21 y 22).

Tabla 18. Características físicas de los suelos de la comunidad de la calicata 8

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
Ao	0 a 3	46	39	16	Franco	1.081	2.062	5.5	0.06
A1	3 a 23	36	43	21	Franco	1.220	2.648	5.5	0.02
B	23 a 45	23	36	41	Arcilloso	1.266	2.324	5.9	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Características químicas de los suelos de la calicata 8

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	0 a 3	2.82	0.27	4.88	0.02	5.29	2.05	1.55	0.24	9.15	2.7
A1	3 a 23	0.95	0.13	1.88	0.30	0.61	0.81	0.38	8.29	10.40	79.8
B	23 a 45	0.55	0.06	0.38	0.12	0.03	1.71	0.14	19.75	21.75	90.8

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.9 Calicata 9

Estos suelos se encuentran a orillas del río Capa Huaca en la llanura aluvial de inundación, localidad de Esmeralda. Geográficamente se ubican entre los 641184 de Latitud Sur y 8435598 de Longitud Oeste, a una altitud de 263 msnm. La topografía es plana con pendientes de menores a 2%. La textura es franca franco arcilloso en profundidad. El pH es ligeramente ácido y la acidez intercambiable no sobrepasa el 45 %. La materia orgánica es medio en la capa orgánica y disminuye rápidamente en los horizontes subsuperficiales, al igual que el nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. (Tabla 23 y 24). Por otro lado, presenta un adecuado contenido de nutrientes solo en los primeros 5 cm, lugar donde se tiene el horizonte orgánico.

Tabla 20. Características físicas de los suelos de la calicata 9

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3	H2O	mmho/cm	
Ao	3 a 5	33	49	19	Franco	0.710	2.279	6.4	0.14
A1	5 a 20	30	46	24	Franco	1.237	2.309	5.6	0.02
A2	20 a 60	14	56	30	Franco Arcillo Limoso	1.319	2.740	5.8	0.02
C1	> 60	44	34	21	Franco	1.225	3.206	6.3	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Características químicas de los suelos de la calicata 9

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ao	3 a 5	5.60	0.54	4.95	0.07	17.18	3.14	0.22	0.27	20.89	1.3
A1	5 a 20	0.62	0.01	2.65	0.33	2.04	1.04	0.62	2.62	6.64	39.4
A2	20 a 60	0.58	0.07	0.05	0.04	2.45	1.70	0.51	3.45	8.15	42.3
C1	> 60	0.84	0.09	9.80	0.04	1.44	1.11	0.01	0.36	2.95	12.1

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.10 Calicata 10

Estos suelos se encuentran en Santa Ana, en la llanura fluvial. Geográficamente se ubica entre los 638628 de Latitud Sur y 8427211 de Longitud Oeste, a una altitud de 200 msnm. La topografía es plana con pendientes de menores a 2%. La textura es franca arcillo arenoso en el horizonte A y franco en el horizonte A2. Presenta un horizonte orgánico de 3 cm aproximadamente. El pH es moderadamente ácido y la acidez intercambiable está por encima de 95%, lo que determina aplicaciones de cal para regular el pH y posibilitar la disponibilidad de nutrientes (Tabla 25 y 26).

Tabla 22. Características físicas de los suelos de la calicata 10 en Comunidad Santa Ana

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3	H2O	mmho/cm	
A1	3 a 15	54	24	22	Franco Arcilloso Arenoso	1.277	2.356	5.6	0.01
A2	15 a 55	50	29	22	Franco	1.091	2.409	5.4	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Características químicas de los suelos de la calicata 10 en Comunidad Santa Ana

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
A1	3 a 15	0.51	0.02	0.95	0.22	0.11	0.14	0.25	16.86	17.58	95.9
A2	15 a 55	0.47	0.05	0.68	0.01	0.03	0.12	0.15	12.44	12.76	97.5

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.11 Calicata 11

Estos suelos se encuentran entre la localidad de Esmeralda y 25 de mayo. En la llanura aluvial. Geográficamente se encuentra entre los 630906 de Latitud Sur y 8431986 de Longitud Oeste, a una altitud de 266 msnm. La topografía es plana con pendientes de menores a 2%. La textura es franca a franco arcillo arenoso en los horizontes subsuperficiales. El pH es moderadamente ácido y el porcentaje de acidez intercambiable sube de 18 a valores por encima de los 60%.

Tabla 24. Características físicas de los suelos de la calicata 11 en Esmeralda

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	
Ap	0 a 8	47	36	17	Franco	1.121	2.295	5.9	0.05
A2	8 a 22	46	32	22	Franco	1.225	2.224	5.4	0.03
B	22 a 36	48	28	25	Franco Arcillo Arenoso	1.250	2.554	5.3	0.02
C1	> 36	45	25	31	Franco Arcillo Arenoso	1.278	2.428	5.3	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Características químicas de los suelos de la calicata 11 en Esmeralda

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ap	0 a 8	1.57	0.17	9.85	0.04	1.95	0.51	2.32	1.07	5.89	18.2
A2	8 a 22	0.95	0.10	2.90	0.20	0.32	0.16	1.85	5.00	7.53	66.4
B	22 a 36	0.47	0.05	1.28	0.09	0.21	0.12	2.50	12.56	15.49	81.1
C1	> 36	0.62	0.06	0.83	0.04	0.19	0.16	2.46	24.52	27.37	89.6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.12 Calicata 12

Estos suelos se encuentran en un pie de monte aluvial, en un cañaveral. Geográficamente se encuentra entre los 633513 de Latitud Sur y 8426172 de Longitud Oeste, a una altitud de 266 msnm. La topografía es ligeramente ondulada, con pendientes menores a 2%. La textura es franca en todo el perfil. El pH es ligeramente ácido y el porcentaje de acidez intercambiable sube de 2% en los primeros 20 cm hasta 60% desde los 20 a los 80cm de profundidad. El contenido de MO es bajo (menor a 2% en el horizonte superficial) y por debajo de 1% en los horizontes subsuperficiales. Este mismo comportamiento se tiene para los demás elementos como el Fósforo, Potasio, Calcio, magnesio, sodio y la capacidad de intercambio de cationes que llega a valores por debajo de 10 meq/100 gramos de suelo, siendo considerados bajos.

Tabla 26. Características físicas de los suelos de la calicata 12 en un cañaveral

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
Ap	0 a 20	42	40	18	Franco	1.132	2.238	6.2	0.03
B	20 a 80	34	43	24	Franco	1.333	2.408	6.0	0.01
C	> 80	50	34	16	Franco	1.446	2.384	6.1	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Características químicas de los suelos de la calicata 12 en un cañaveral

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ap	0 a 20	1.68	0.14	8.80	0.07	5.25	0.74	2.61	0.24	8.91	2.7
B	20 a 80	0.51	0.04	2.63	0.10	0.45	0.32	1.95	4.77	7.58	62.9
C	> 80	0.40	0.03	8.65	0.02	0.22	0.39	2.23	1.93	4.80	40.3

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.13 Calicata 13

Estos suelos se encuentran en un pie de monte aluvial, cerca al río Tarene en la localidad de Maravilla (Ixiamas). El uso de la tierra está destinada a la producción de arroz, maíz, yuca, plátano y otros, asimismo hay ganadería de vacunos. Geográficamente se encuentra entre los 608665 de Latitud Sur y 8457169 de Longitud Oeste, a una altitud de 271 msnm. La topografía es ligeramente ondulada, con pendientes menores a 2%. La textura es franca a franco arcilloso. El pH es ligeramente ácido a moderadamente ácido en profundidad y el porcentaje de acidez intercambiable llega por encima de los 70% a partir de los primeros 10 cm de profundidad. El contenido de MO es medio y también disminuye con la profundidad. Ese mismo comportamiento presentan los otros elementos como el Fósforo, calcio, magnesio y el sodio. Aunque la capacidad de retener nutrientes expresado en su capacidad de intercambio de cationes es medio (Tabla 31 y 32).

Tabla 28. Características físicas de los suelos de la calicata 13

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
Ap	0 a 7	42	40	17	Franco	0.909	2.736	6.9	0.09
A2	7 a 30	29	47	24	Franco	1.143	2.623	5.5	0.02
B	30 a 68	37	31	32	Franco Arcilloso	1.188	2.685	5.6	0.01
C	> 68	34	40	26	Franco	1.237	2.683	5.2	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Características químicas de los suelos de la calicata 13

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
Ap	0 a 7	3.66	0.44	11.80	0.02	11.95	3.16	2.38	0.38	17.91	2.1
A2	7 a 30	0.80	0.12	0.55	0.37	0.21	0.14	2.68	15.00	18.41	81.5
B	30 a 68	0.58	0.09	0.53	0.04	0.18	0.39	1.98	13.06	15.64	83.5
C	> 68	0.47	0.05	0.73	0.00	0.15	0.64	2.45	7.74	10.97	70.6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.14 Calicata 14

Estos suelos se encuentran en la llanura aluvial, entre las comunidades de Hurehuapo y Cachichira. Geográficamente se encuentra entre los 614967 grados de Latitud Sur y 8448730 grados de Longitud Oeste, a una altitud de 274 msnm. La topografía es ligeramente plana, con pendientes menores a 2%. La textura es franca a franco limoso, franco arcilloso. El pH es moderadamente ácido en todo el perfil del suelo y el porcentaje de acidez intercambiable se encuentra por encima de los 60% a partir de los 20 cm de profundidad. La materia orgánica en general es bajo (menor a 1%), al igual que los demás elementos (Tabla 33 y 34).

Tabla 30. Características físicas de los suelos de la comunidad de la calicata 14

Ho	Prof.	A	L	Y	Clase textural	Dap	Dreal	pH 1:5	CE dSm
	cm	%	%	%		g/cm3		H2O	mmho/cm
A	0 a 18	14	68	18	Franco Limoso	1.111	2.369	5.7	0.03
B	18 a 45	32	44	24	Franco	1.111	2.549	5.4	0.02
C	> 45	34	29	38	Franco Arcilloso	1.238	2.577	5.1	0.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Características químicas de los suelos de la calicata 14

Ho	Prof.	MO	Nt	P	K	Ca	Mg	Na	Al+H	CIC	PAI
	cm	%	%	ppm	meq/100 g de suelo						%
A	0 a 18	1.06	0.04	10.55	0.08	4.31	1.91	2.07	0.71	9.08	7.9
B	18 a 45	1.13	0.12	7.58	0.22	1.94	0.88	2.31	7.71	13.07	59.0
C	> 45	0.60	1.12	2.93	0.09	0.02	0.12	2.25	23.93	26.42	90.6

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3 Uso actual de la tierra

El uso de la tierra en el municipio de San Buenaventura se caracteriza por el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas y forestales, tanto de productos maderables como no maderables. Estos usos pueden presentar variaciones y combinaciones, dependiendo de

las características específicas de la zona y las preferencias de los habitantes. El área donde se encuentra diversidad de usos de la tierra, se concentra a lo largo de la red vial principal en el tramo San Buenaventura – Tumupasa – Cinteño donde se localiza la mayoría de los centros poblados, haciendas ganaderas y aserraderos. Los principales usos identificados en el Plan Municipal de Ordenamiento de Territorial de San Buena Ventura (2009), describe los siguientes usos:

#### 4.3.1 Uso ganadero extensivo e intensivo

El Uso ganadero extensivo se da en reducidas áreas de pastos naturales que se encuentran antes del Río Tarene y son aprovechadas para la producción del ganado de corte, principalmente destinada al mercado. Algunos productores tienen potreros y atajados, como también reserva de agua para los animales en el periodo de estiaje (época seca). En el municipio de San Buena Ventura existe sobrepastoreo en comparación con el municipio de Ixiamas, debido a que las disponibilidades de áreas para la actividad son menores que en la primera sección. El Uso ganadero intensivo se presenta en las inmediaciones del camino SBV – Cinteño, existen áreas de pastos cultivados que son aprovechadas para la producción del ganado de corte, principalmente destinada al mercado. La producción es de tipo tradicional, empleando mano de obra familiar y local.

#### 4.3.2 Uso Agrosilvopastoril

Uso agrosilvopastoril con cultivos anuales, perennes, extracción de productos maderables y no maderables: Este uso se identifica a lo largo de la red vial principal SBV – Tumupasa – Cinteño y en las inmediaciones de San Silvestre, Paraíso y Porvenir. Las comunidades tacanas han implementado ancestralmente sistemas agroforestales y crianza de ganado desde tiempos coloniales. Se caracteriza por el desarrollo de tres actividades: agrícola, ganadera y forestal. En el chaco habilitado, en una parte, se siembran cultivos anuales y perennes (arroz, frijol, maíz, maní, yuca, cacao, plátano y cítricos); en otra, maderables y semilleros; mientras que, en la restante, se siembra el pasto para el ganado. Las

características del sistema varían en composición y tipo de manejo según las preferencias y disponibilidades del productor. La actividad agrícola se caracteriza por la utilización reducida de insumos, producción manual y prácticamente orgánica. Asimismo, la infraestructura de producción es escasa o inexistente y se aplican técnicas tradicionales de manejo. La producción, en la mayoría de los casos, está destinada al autoconsumo con algún excedente para la comercialización (en el caso de productores de subsistencia).

#### 4.3.3 Uso Forestal

La actividad forestal es una de las principales en el Municipio. De acuerdo a la disponibilidad de recursos del bosque, se distingue el uso forestal maderable y no maderable. Algunas áreas de uso tienen planes de manejo forestal.

Forestal maderable: Este uso es característico principalmente en el cantón Tumupasa, donde se encuentran concesiones forestales y derechos de aprovechamiento otorgados a OFC (APIAT, Agrofort y El Carmen). La explotación de la madera se realiza mediante la tala selectiva y en cuarterones, que son comercializados mayormente en los aserraderos ubicados en el Municipio.

Las áreas de extracción de madera sin planes de manejo, corresponden específicamente a las superficies colindantes a las zonas de uso agrosilvopastoril; es decir, al área de influencia donde existe mayor número de asentamientos humanos. En estas áreas, la extracción de madera también es de tala selectiva. Las principales especies extraídas más comunes en ambos casos son: mara, cedro, roble (que no se encuentran con facilidad), aliso, mara macho, almendrillo, bibosi, mapajo, ochoo, palo maría y verdolago.

En la mayor parte del Municipio, existe potencial para el aprovechamiento sostenible de productos no maderables orientados a la artesanía y elaboración de productos alimenticios ecológicos.

**Forestal no maderable:** Esta importante actividad permite obtener ingresos adicionales a las familias, se realiza ancestralmente por la comunidad local y, recientemente, en comparación por las comunidades interculturales, fruto del aprendizaje por convivencia y vecindad y; en otros casos, como resultado de procesos de capacitación. Se realiza el aprovechamiento consuntivo y no consuntivo. Los principales productos que se extraen son: cacao silvestre, majo y jatata. El cacao es vendido a intermediarios o, dependiendo de las posibilidades de la familia recolectora, directamente en Rurrenabaque. Las comunidades de San Silvestre, 25 de Mayo, 7 de Diciembre, Everest, Esmeralda 1 y Nueva Jerusalén se dedican al cultivo del cacao. Otros productos que se extraen del bosque son: palmito, assaí, chonta, majo y jatata, entre otros.

#### 4.3.4 Uso restringido

Estas áreas están constituidas por playas y depósitos aluviales, áreas que sufren procesos de inundación constante, curiches y otros que, por sus características propias, tienen un uso limitado. La mayor unidad sin uso específico directo, está constituida por la ladera oeste de las serranías el Manuque; sin embargo, es muy importante por el uso indirecto que brinda de provisión de agua a las diferentes poblaciones asentadas alrededor de la red vial principal. En el área de amortiguamiento y zonas con atractivos naturales puntuales (cascadas, lagunas y otros), existe alto potencial para ecoturismo comunitario.

#### 4.4 Aptitud de uso del suelo para la caña de azúcar

Los suelos del norte de La Paz y del Municipio de Tumupasa, se caracterizan por ser ácidos debido a la ocurrencia de las precipitaciones pluviales (mayor a 1500 mm anuales). Bajo estas condiciones de elevada precipitación, algunos elementos del suelo son eliminados del perfil del suelo. La cobertura vegetal, conformada por diferentes especies que van desde especies arbóreas, arbustivas y otros evitan que las gotas de lluvia caigan directamente sobre el suelo, evitando la degradación del mismo. Cuando estos

ecosistemas pierden la cobertura vegetal debido a la habilitación de nuevas áreas para la agricultura, el efecto de las gotas de lluvias sobre el suelo aumenta, a esto se asocia que la energía del sol llega que directamente sobre la superficie, acelerando la mineralización de la materia orgánica y por tanto disminuyéndola. Esta situación se da cuando se habilitan las tierras forestales para la implementación de un solo cultivo (monocultivo) como es el caso de la caña de azúcar.

La unidad de Tierra tomada en cuenta en el presente estudio, tomó en cuenta la llanura de pie de monte, la cual se encuentra a lo largo de la carretera y donde se encuentran asentadas la mayor parte de las poblaciones. Las áreas que comprenden la llanura Chaco – Beniana son inundadizas y no son aptas para el desarrollo de la agricultura.

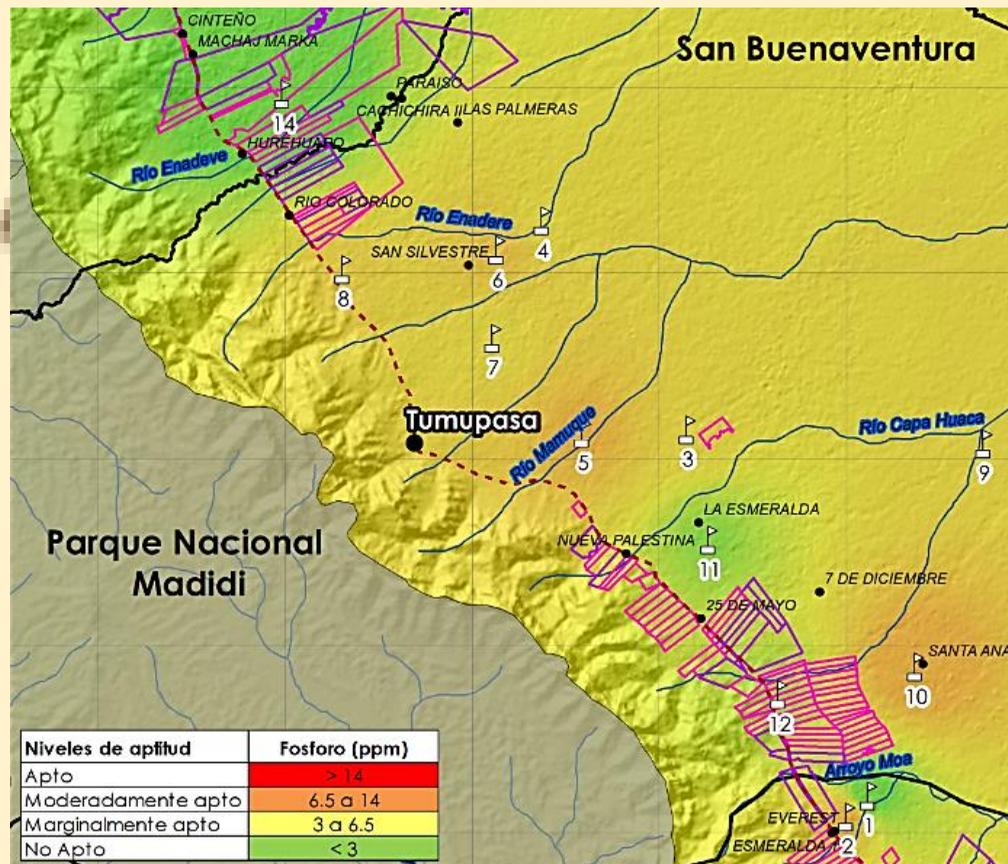
Debido a su origen, estos suelos son considerados aptos para la actividad forestal y reserva de una gran biodiversidad de fauna y flora, sin embargo, la presencia de especies maderables hizo que estas fueran y son actualmente aprovechadas por una serie de aserraderos que se encuentran en la zona.

A fin de evitar el avance de la deforestación, el cambio de uso del suelo llega a ser una alternativa. Este cambio de uso del suelo implica la implementación de especies agrícolas que se desarrollen bajo estas condiciones de suelo y clima. Por otro lado, la implementación de un solo cultivo (caña de azúcar u otro), ocasionará la degradación de estos ecosistemas, por tanto, se debe pensar no solo en el fortalecimiento de la caña de azúcar, sino de otras especies vegetales.

Lamentablemente, la presencia de la empresa de azúcar EASBA, constituye un factor externo reflejado en el mercado, que incide en la habilitación de nuevas tierras para el cultivo de una sola especie (caña de azúcar), constituyéndose en un monocultivo y como se sabe, los monocultivos no son sostenibles en el tiempo.

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelos, estos, presentan un déficit en el contenido de Fósforo disponible ( $P_2O_5$ ), los mismos se encuentran en un 90 % de las muestras analizadas por debajo de 7 ppm (Figura 11), por tanto, la región es clasificada como marginalmente apto para la caña de azúcar, si no se complementa con insumos que tengan fósforo en su composición.

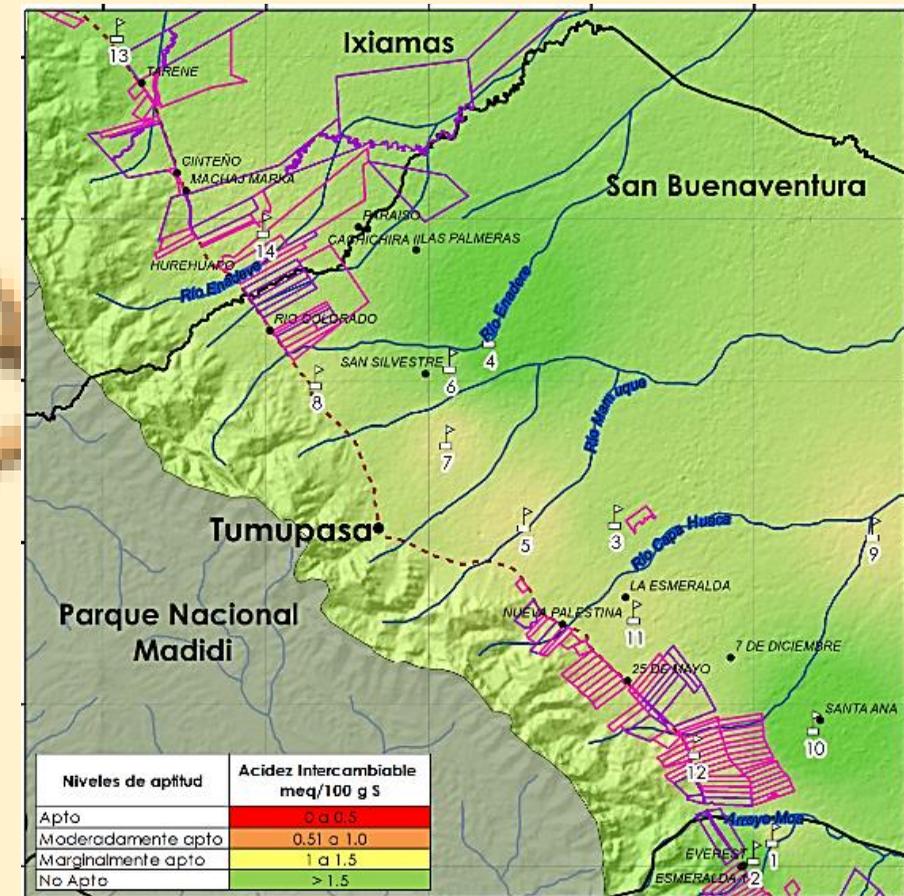
Figura 9. Aptitud de la Caña de Azúcar de acuerdo al contenido de Fósforo en el suelo.



Fuente: Elaboración propia

Otro factor que limita el desarrollo de la caña de azúcar es la acidez del suelo, expresado como acidez intercambiable, los mismos se encuentran en valores por encima de 60 por ciento. Según este criterio, los suelos de la región de Tumupasa no son aptos, salvo pequeñas áreas, para el cultivo de la caña de azúcar (Figura 12).

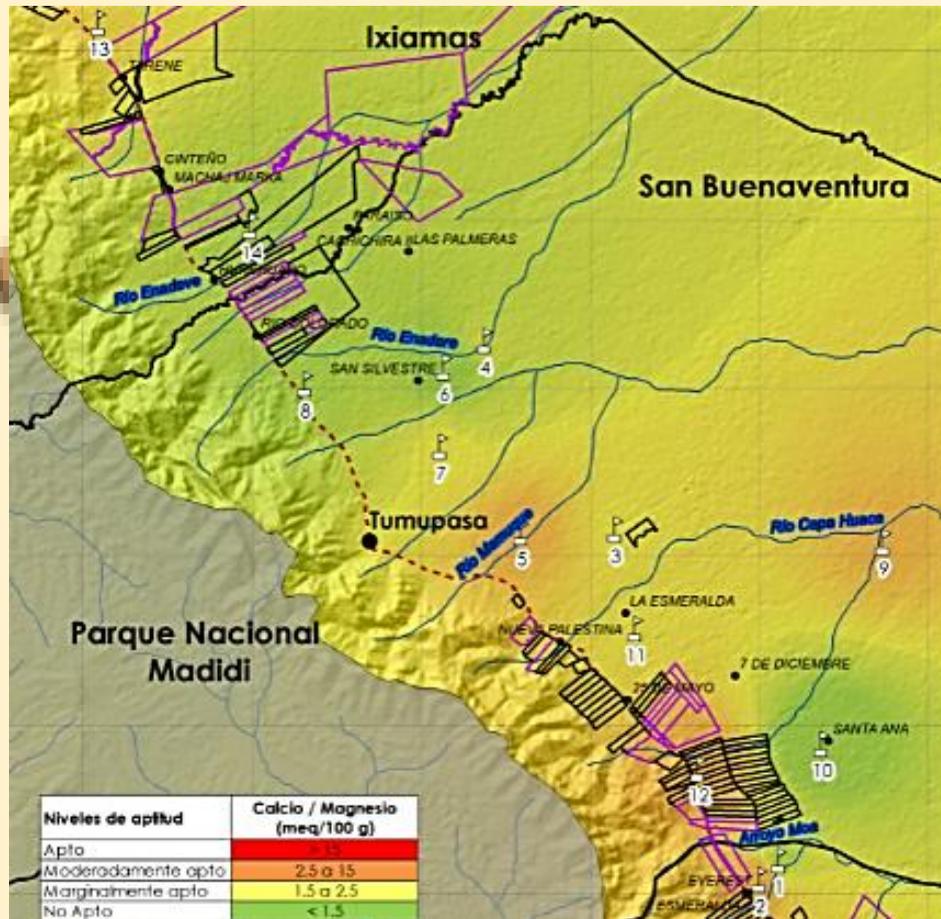
Figura 10.2. Aptitud de la Caña de Azúcar de acuerdo a la acidez intercambiable en el suelo



Fuente: Elaboración propia

Otro factor edáfico que limita el desarrollo de la caña de azúcar es el contenido de calcio y magnesio, estos elementos son lixiviados debido a las precipitaciones pluviales que se dan en la región. El encalado es una actividad que podría corregir esta deficiencia, para ello se deberán tomar en cuenta el aspecto económico.

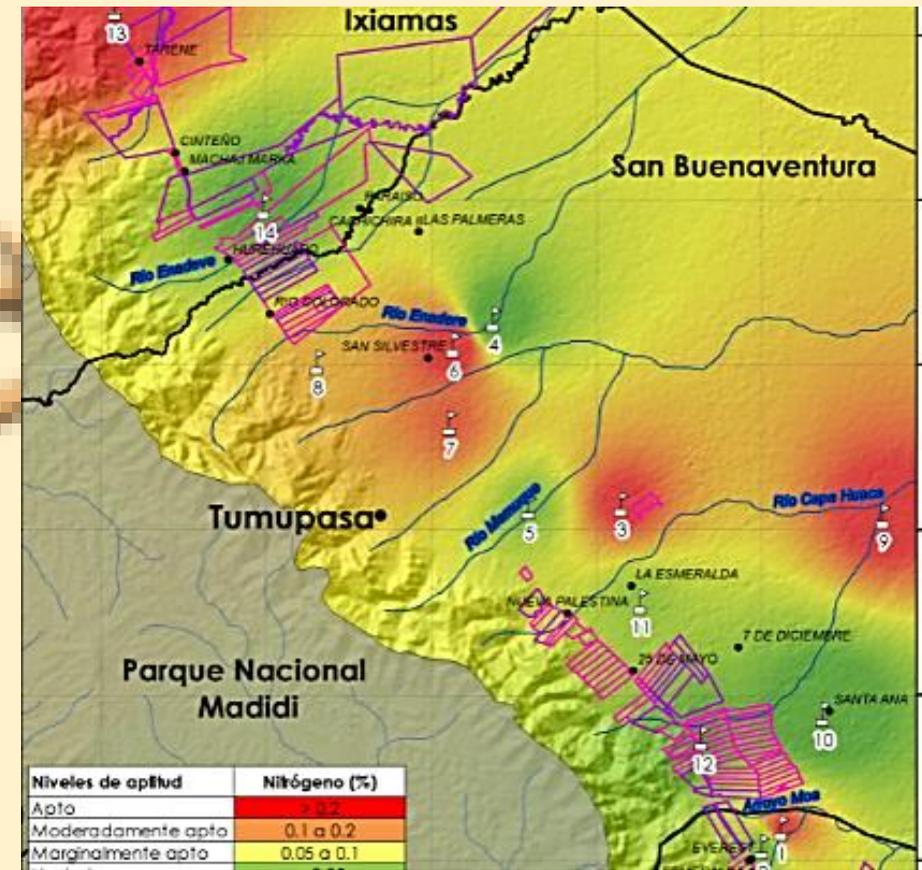
Figura 11. Aptitud de la Caña de Azúcar de acuerdo a relación Ca/Mg en el suelo.



Fuente: Elaboración propia

El contenido de nitrógeno es determinante en la aptitud del suelo para la caña de azúcar, sin embargo, este nutriente está asociada a la materia orgánica, la misma se encuentra en los primeros 10 cm. Con la habilitación de suelos para la agricultura se acelera los procesos de mineralización de los residuos o de la cobertura vegetal, lo que podría ocasionar un descenso rápido de este nutriente.

Figura 12. Aptitud de la Caña de Azúcar de acuerdo al contenido de Nitrógeno en el suelo.

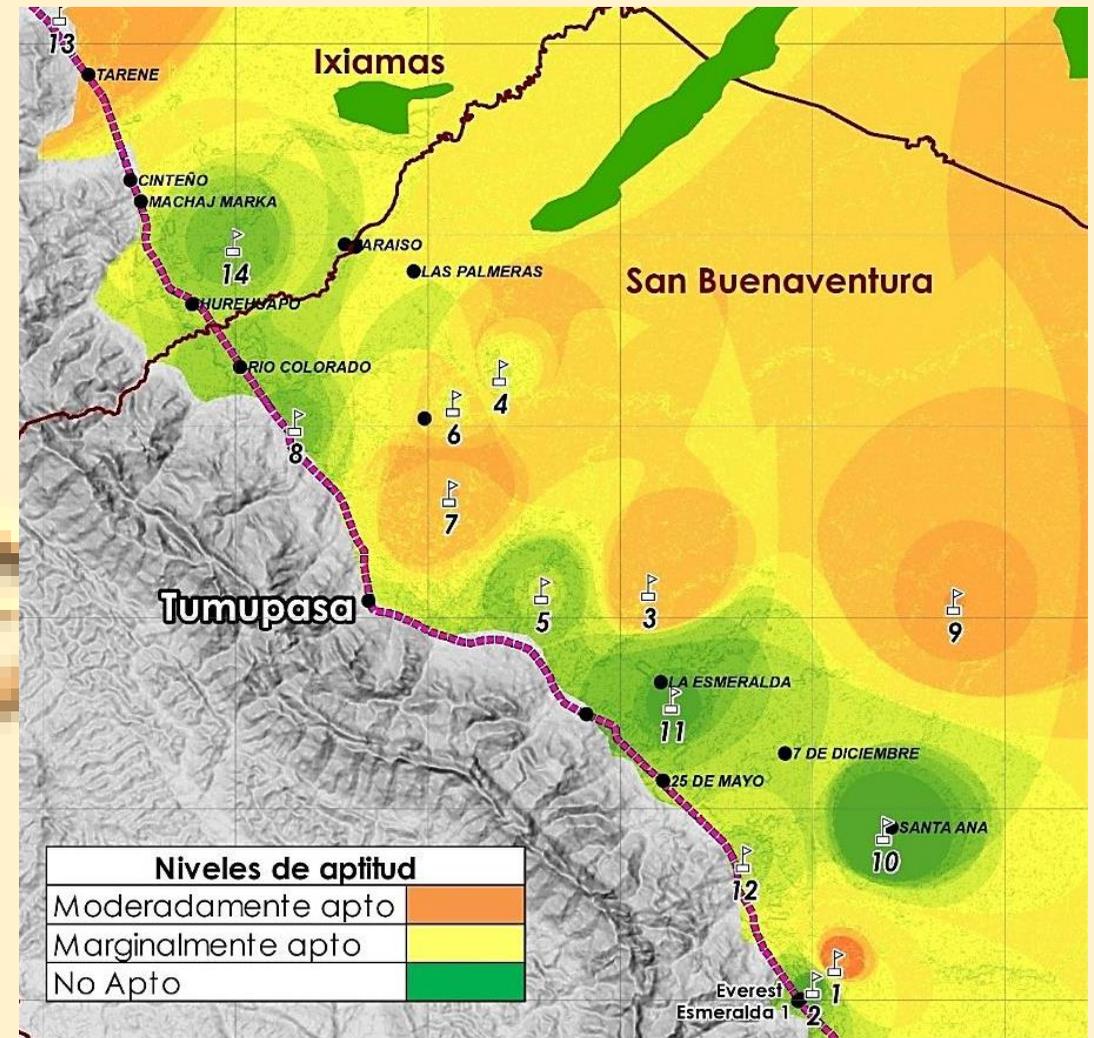


Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la aptitud de uso para la caña de azúcar, se tomó en cuenta variables edafoclimáticas como la temperatura, precipitación, textura, acidez del suelo, pH, nutrientes y materia orgánica. en base a estos parámetros se determinó que los suelos de la región de Tumupasa no son aptos para el cultivo de la caña de azúcar, ya que los suelos presentarían limitaciones de acidez (presencia de aluminio), déficit de fósforo y calcio.

La siguiente imagen muestra que estos suelos son moderadamente aptos, marginalmente aptos y algunas zonas no aptas por presentar demasiadas limitaciones. Estos suelos pueden ser corregidos con enmiendas como el uso de fertilizantes, uso de cal para reducir la acidez, sin embargo se deberá realizar un análisis económico para saber su rentabilidad.

Figura 13. Aptitud de uso para la caña de azúcar. Municipio de Tumupasa



Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla, presenta valores de NPK en kg/ha para los 14 puntos de muestreo, asimismo se tiene la demanda de nutrientes por parte del cultivo de la caña de azúcar, realizado el balance entre la oferta de nutrientes por el suelo y la demanda de estos elementos por parte del cultivo es posible evidenciar que existe un déficit de fósforo, como un nutriente macro. Además, se vio, en secciones anteriores que el calcio y magnesio también resultar ser limitantes para su nutrición.

Tabla 12. Balance nutricional para el cultivo de la caña de azúcar

Punto	Prof	OFERTA EN EL SUELO			DEMANDA DEL NUTRIENTE			BALANCE DE NUTRIENTES		
		N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
	cm	kg/ha			kg/ha			kg/ha		
TUM1	26	187	11	147	85	60	180	102	-49	45
TUM2	20	101	4	116	85	60	180	16	-56	99
TUM3	30	248	9	75	85	60	180	163	-51	-88
TUM4	42	49	12	46	85	60	180	-36	-48	82
TUM5	34	134	7	50	85	60	180	49	-53	1
TUM6	35	239	10	369	85	60	180	154	-50	215
TUM7	33	159	13	722	85	60	180	74	-47	647
TUM8	42	244	7	419	85	60	180	159	-53	260
TUM9	57	238	7	334	85	60	180	153	-53	180
TUM10	52	94	4	153	85	60	180	9	-56	144
TUM11	36	161	15	188	85	60	180	76	-45	111
TUM12	80	278	41	361	85	60	180	193	-19	167
TUM13	68	428	11	454	85	60	180	343	-49	111
TUM14	45	183	44	59	85	60	180	98	-16	-39

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Cultivo de la Piña

La piña es un cultivo que para su crecimiento y desarrollo requiere de una gran cantidad de nutrimentos. Cuando no se aplican, tanto la planta como el fruto presentan problemas de peso, forma y calidad. Una hectárea de piña extrae alrededor de 350 kilogramos de nitrógeno, 20 a 50 de fósforo, 450 de potasio, 42 a 80 de magnesio, 100 a 150 de calcio y 116 a 120 de azufre. La mayor parte de N, P, K van a dar al follaje por lo cual es importante que los residuos de la planta se incorporen al suelo. La absorción de nutrimentos es muy baja durante los primeros 6 meses de desarrollo. Solo 7 % de la absorción total. La mayor absorción ocurre de los 6 a los 12 meses. El nitrógeno no debe ser aplicado en los 2 o 3 meses anteriores a la fructificación o cuando se aplica etileno u hormonas para inducir la floración. El exceso de N produce “abotellamiento” del fruto; por esto debe buscarse un balance adecuado con el K y Ca, principalmente. Las fuentes fertilizantes recomendadas para el N es el Sulfato de Amonio y Sulfato de Potasio para K; para el magnesio el sulfato de magnesio y para fosforo se recomienda aplicar fuentes poco solubles al inicio y más solubles en las aplicaciones finales. El K influye en el peso y tamaño de los frutos, firmeza y relación grados Brix/acidez.

En la tabla siguiente, se presenta el balance de nutrientes para el cultivo de la piña, en este caso, este cultivo es más exigente en términos de nitrógeno fósforo y potasio, sin embargo, no es un cultivo que pueda expandirse por lo que su impacto es mas localizado. En el caso de la caña de azúcar, la empresa EASBA es un factor que, a través del mercado, incentiva a la habitación de grandes áreas, lo que podría ocasionar impactos al ecosistema.

Tabla 2. Balance nutricional para el cultivo de la piña (Anana comusus)

Punto	Prof	OFERTA EN EL SUELO			DEMANDA DEL NUTRIENTE			BALANCE DE NUTRIENTES		
		N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
	cm	kg/ha			kg/ha			kg/ha		
TUM 1	26	187	11	147	350	50	450	-163	-39	-303
TUM2	20	101	4	116	350	50	450	-249	-46	-334
TUM3	30	248	9	75	350	50	450	-102	-41	-375
TUM4	42	49	12	46	350	50	450	-301	-38	-404
TUM5	34	134	7	50	350	50	450	-216	-43	-400
TUM6	35	239	10	369	350	50	450	-111	-40	-81
TUM7	33	159	13	722	350	50	450	-191	-37	272
TUM8	42	244	7	419	350	50	450	-106	-43	-31
TUM9	57	238	7	334	350	50	450	-112	-43	-116
TUM10	52	94	4	153	350	50	450	-256	-46	-297
TUM11	36	161	15	188	350	50	450	-189	-35	-262
TUM12	80	278	41	361	350	50	450	-72	-9	-89
TUM13	68	428	11	454	350	50	450	78	-39	4
TUM14	45	183	44	59	350	50	450	-167	-6	-391

Fuente: <http://lapiniatropical.blogspot.com/2016/08/fertilizacion-de-plantaciones-de-pina.html>

## 5. IMPACTO

5.1 Dieciséis (16) comunidades entre interculturales e indígenas de Tumupasa e Ixiamas cuentan con un estudio de aptitud de uso de suelos para el cultivo de caña de azúcar, para la toma de decisiones en temas productivos

5.2 Con el proyecto las autoridades municipales, organizaciones sociales y productivas de Tumupasa pueden postular a financiamiento de proyectos productivos en instituciones públicas y privadas al ser considerado el estudio una contraparte de la comunidad.

## 6. CONCLUSIONES

6.1 La región de Tumupasa se caracteriza por presentar una aptitud forestal que alberga una serie de fauna y flora, donde la presencia de la empresa EASBA se constituye en una amenaza, pero también en una oportunidad. La demanda de la empresa en caña de azúcar incentivara a los productores de la región a producir este cultivo, lo que podría ocasionar una degradación del suelo y del sistema mismo, si no se realiza un adecuado manejo de suelos.

6.2 Por otro lado, si se optimiza la producción de la caña de azúcar, se convertirá en una alternativa para evitar la deforestación. En este sentido urge la necesidad de realizar un ordenamiento territorial y predial para identificar las áreas con tipos de uso específicos como conservación, turismo, cultivos anuales, pastizales, agricultura, forestación, etc.

6.3 Los suelos estudiados del distrito de Tumupasa presentan poco contenido de fósforo, calcio y magnesio. Asimismo, los contenidos de aluminio e hidrógeno intercambiable son elevados, lo que se refleja en una mayor acidez y lo que determina que los nutrientes del suelo no estén en forma asimilable para las plantas. Estas deficiencias de P, Ca y Mg determinan el normal desarrollo de cultivos como la caña de azúcar o la piña, por lo que se requiere de realizar encalados a fin de corregir el pH y por tanto la disponibilidad de nutrientes.

## 7. RECOMENDACIONES

7.1 De acuerdo a los resultados obtenidos en el área de estudio se determinó que los suelos en su mayoría no son aptos y en poco porcentaje moderadamente aptos para el cultivo de caña de azúcar por el alto contenido de aluminio e hidrogeno intercambiable y poco contenido de fosforo, calcio y magnesio recomendando la producción de otras especies agroforestales.

7.2 Se sugiere realizar un análisis de la aptitud económica de la productividad de la caña de azúcar y otros cultivos, para determinar su factibilidad financiera.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Romero, E. R., J. Scandalariis, P. A. Digonzelli, M. F. Leggio Neme, J. A. Giardina, J. Fernández de Ullivarri, S. D. Casen, M. J. Tonatto y L. G. P. Alonso. Página Web de NETAFIM, <http://www.sugarcane crops.com/introduction/>
- PMOT. 2009. Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de San Buena Ventura. Programa de Conservación de Paisajes (PCP), Conservación Internacional Bolivia, USAID.
- García-Silva, R.; Espinosa-Victoria, D.; Figueroa-Sandoval, B.; García-Calderón, N.E. y Gallardo-Lancho, J.F. 2006. Soil Organic Carbon and Humic Fraction Stocks in a Vertisol under Non-tillage Management. Terra Latinoamericana, V. 24, n ,2 p. 241-251.
- FIRA. 2010. Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México en Boletín Informativo, Nueva Época, Núm. 11.
- FDTA. 2005. Estudio de línea base Proyecto “Recuperación de variedades y producción de semilla de caña de azúcar para los Municipios de Warnes, Minero, Montero, Saavedra y Cotoca del Departamento de Santa Cruz”. Santa Cruz, Bolivia.
- El Deber. 2019. La producción de azúcar supera los 10 millones de quintales. Disponible en: [https://eldeber.com.bo/111121\\_la-produccion-de-azucar-supera-los-10-millones-de-quintales](https://eldeber.com.bo/111121_la-produccion-de-azucar-supera-los-10-millones-de-quintales). Consultado el 8 de diciembre del 2019.

Conservación Internacional. 2009. Mapeo digital del suelo y su evaluación con fines de producción de caña de azúcar en los municipios de Ixiamas y San Buenaventura, 140 p.

Aguilar, R. N. 2011. Competitividad de la Agroindustria Azucarera de la Huasteca México. Tesis de doctorado en ciencias ambientales. Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Alexander, A. 1985. The energy cane alternative (Sugar Series, 6). Universidad Río Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands 509 p.

Ramírez. M. A. 2008. Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV.

Cultivo de la piña. En <http://lapiniatropical.blogspot.com/2016/08/fertilizacion-de-plantaciones-de-pina.html>. Consultado el 10 de enero del 2020.