

APTITUD DEL USO DE SUELO PARA EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN LA LOCALIDAD DE TUMUPASA, MUNICIPIO DE SAN BUENAVENTURA – LA PAZ

Land use suitability for sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivation in Tumupasa, municipality of San Buenaventura - La Paz

Roberto Miranda C.¹; Romulo Marza M.²; Jose Luis Calle P.³; Carlos Choque T.⁴; Magaly Mendoza A.⁵;
David Cruz Ch.⁶; Juan José Aparicio P.⁷

RESUMEN

La evaluación de tierras es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Asimismo, se constituye en una herramienta para la toma de decisiones y tener un manejo sostenible del recurso suelo, en base a su capacidad productiva. El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la aptitud de uso del suelo, en base a las limitaciones y potencialidades edafo-climáticas para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*). El área de proyecto fue la región de Tumupasa, en el municipio de San Buenaventura, segunda sección de la provincia Abel Iturralde al norte del departamento de La Paz. En una primera fase se realizó la a) socialización y prospección del área de estudio, b) toma de muestras de diferentes comunidades de Tumupasa, c) análisis físico y químico de las muestras en laboratorio, d) Diseño e interpretación de resultados en mapas y e) Socialización de los resultados a las autoridades del lugar y organizaciones sociales. Para determinar la aptitud de uso del suelo se empleó la metodología propuesta por la FAO (1976), esquema para la evaluación de tierras, que confronta las cualidades y los requerimientos del cultivo. De acuerdo a los datos obtenidos, la zona presenta áreas no aptas, marginalmente y moderadamente aptas y en menor proporción aptas para el cultivo. Las limitaciones nutricionales y morfológicas están el contenido de fósforo, calcio, magnesio, acidez, profundidad de la capa arable y el riesgo a inundaciones. La aplicación de enmiendas y/o fertilizantes incluye costos que determinan el costo de producción y, por otro lado, un manejo inadecuado podría ocasionar efectos en la calidad del suelo y el ecosistema.

Palabras clave: caña de azúcar, aptitud de uso, ordenamiento territorial, propiedades físicas y químicas de suelos, Tumupasa-San Buenaventura, *Saccharum officinarum*.

ABSTRACT

Land evaluation is the process of determining and predicting the behavior of a portion of land used for specific purposes, considering physical, economic and social aspects. It is also a tool for decision making and sustainable management of the soil resource, based on its productive capacity. The objective of this research work was to determine the suitability of soil use, based on the edaphic-climatic limitations and potentialities for the cultivation of sugarcane (*Saccharum Officinarum*). The project area was the Tumupasa region, in the municipality of San Buenaventura, second section of the Abel Iturralde province in the north of the department of La Paz. The first phase involved a) socialization and prospection of the study area, b) sample collection from different communities of Tumupasa, c) physical and chemical analysis of the samples in the laboratory, d) design and interpretation of the results on maps, and e) socialization of the results with local authorities and social organizations. To determine the suitability of soil use, the methodology proposed by FAO (1976) was used, a scheme for land evaluation, which compares the qualities and requirements of the crop. According to the data obtained, the zone has areas that are unsuitable, marginally and moderately suitable and, to a lesser extent, suitable for cultivation. The nutritional and morphological limitations are the content of phosphorus, calcium, magnesium, acidity, depth of the arable layer and the risk of flooding. The application of amendments and/or fertilizers includes costs that determine the cost of production and, on the other hand, inadequate management could cause effects on soil quality and the ecosystem.

Keywords: sugarcane, land use suitability, land management, physical and chemical properties of soils, Tumupasa-San Buenaventura, *Saccharum officinarum*.

¹Docente, Facultad de Agronomía, responsable del Laboratorio de Suelos y Agua, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. rmiranda@umsa.bo

²Gestor de proyectos, Instituto de Desarrollo Regional, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. romulomarza@gmail.com

³Técnico de proyectos, Pilar Seguridad Alimentaria de la División de Desarrollo Integral del Norte Amazónico, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. joseluiscalleperalta@gmail.com

⁴Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. eduard.charly@gmail.com

⁵Técnica de proyectos, Desarrollo Integral del Norte Amazónico, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. magalymendozap@gmail.com

⁶Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. davidcruzchoque@yahoo.com.ar

⁷Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. iiaren.aparicio@gmail.com

INTRODUCCIÓN

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 (Duarte y Gonzales, 2019). 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; FIRA, 2010). 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⁻¹ con tendencia a disminuir. De acuerdo a la publicación del periódico El Deber del 8 de diciembre del 2018, el rendimiento promedio de la caña de azúcar bajó de 50.0 a 45.6 t ha⁻¹.

Las áreas iniciales de cultivo fueron rotando y expandiéndose a otras regiones de Santa Cruz, totalizando 140 000 ha, se localiza en Warnes, Montero, Portachuelo, El Torno, Mineros y Cotoca. En Tarija con 12.000 ha, está localizada en Bermejo frontera con Argentina (Cuentas, 2012).

Mediante la Ley N°3546, en noviembre del 2006 se declara de "Prioridad Nacional la construcción del Complejo Agroindustrial de San Buenaventura", para la producción de azúcar y alcohol etílico (AEMP, 2018). En septiembre del 2010, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, mediante Decreto Supremo N°0637 crea la Empresa Azucarera San Buenaventura (EASBA), como Empresa Pública Nacional Estratégica (EPNE), que tiene como objetivo "la producción de caña de azúcar, así como la producción y comercialización de azúcar y sus derivados, para incentivar la producción nacional con valor agregado en procura de la soberanía y seguridad alimentaria".

El Decreto Supremo N°1409 de fecha 20 de noviembre del 2012, amplía las competencias de la EASBA para prestar servicios agrícolas en la región a productores

vinculados a la producción de caña de azúcar, prestar asistencia técnica, limpieza de barbecho, preparación de suelo, siembra, cosecha, venta de semilla de caña de azúcar y otras relacionadas a las labores agrícolas referentes al cultivo de caña de azúcar en la región. Posteriormente, con la aprobación del Decreto Supremo N°2907, en septiembre de 2016, se declara de interés nacional la provisión y abastecimiento de caña de azúcar a la Empresa Azucarera San Buenaventura y se autoriza la ampliación de la superficie para la plantación de caña de azúcar en áreas próximas a la planta industrial EASBA, en las que se podrá habilitar superficies de cultivo de caña de azúcar para productores individuales y/o colectivos. Por otra parte, encarga a la ABT proceder al seguimiento, evaluación y monitoreo de las áreas habilitadas exclusivamente para el cultivo de caña de azúcar.

De acuerdo con el CUMAT (1985), para una producción sostenida de caña de azúcar, se requiere de suelos bastantes fértiles y bien drenados, aplicando insumos; la producción de este cultivo en gran escala necesita el uso de maquinaria para el desmonte, práctica todavía más desastrosa que la roza, tumba y quema, ya que deja el suelo totalmente descubierto y con menor contenido de materia orgánica. Según el periódico El Deber (2018), la producción de caña superó en diez millones de quintales, sin embargo, el rendimiento promedio en campo cayó de 50.0 a 45.6 toneladas de caña por hectárea este año.

Según Holdridge et al. (1975) que utiliza la clasificación de zonas de vida y factores bioclimáticos, muestra que la región de estudio se encuentra incluida dentro de un Bosque húmedo sub-tropical, donde se encuentran suelos con problemas de drenaje y suelos bien drenados de moderada a fuertemente ácidos en la parte superior del horizonte A y con baja capacidad de cambio y baja saturación de bases. Al aumentar la profundidad se registra un ligero incremento en los valores de pH, de la capacidad de cambio y de la saturación de bases, lo que da como resultado una fertilidad química muy baja.

Durante los últimos años, la Empresa Azucarera San Buenaventura (EASBA) promueve el cultivo de la caña de azúcar en las comunidades vecinas al ingenio azucarero de San Buenaventura. A raíz de esta situación las autoridades del Distrito de Tumupasa y organizaciones sociales solicitaron a la Universidad Mayor de San Andrés un estudio de suelos para conocer su aptitud con el cultivo de caña de azúcar

Metodología

Identificación de los tomadores de decisión

La región de Tumupasa cuenta con dos grupos sociales involucrados en la producción del cultivo de caña de azúcar, los Tacanas agrupados con el Consejo Indígena del Pueblo Tacana CIPTA y los interculturales agrupados en la Federación Sindical de

Productores Agropecuarios de la Provincia Abel Iturralde.

Identificación de las unidades espaciales

Las áreas de muestreo, fueron definidas con los productores. Se eligieron 14 puntos (Tabla 2 y Figura 3). En estos puntos se coordinó con líderes locales que facilitaron el acceso y la toma de la muestra respectiva.

Tabla 2. Localización de las calicatas descritas en el municipio de Tumupasa.

Perfil	Longitud	Latitud	Altitud (m s.n.m.)	Perfil	Longitud	Latitud	Altitud (m s.n.m.)
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

Identificación de tipos de utilización 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. Los principales usos identificados en el Plan Municipal de Ordenamiento de Territorial de San Buena Ventura (2009), describe los siguientes usos: 1) Uso ganadero extensivo e intensivo, 2) Uso Agrosilvopastoril, 3) Uso Forestal (maderable y no maderable), y 4) Uso restringido. Para

el presente trabajo, se tomó como base del tipo de utilización de la tierra al cultivo de la caña de azúcar.

Requerimientos y cualidades del tipo de uso para el cultivo de caña de azúcar

Para que un cultivo o especie se desarrolle adecuadamente, requiere de condiciones ambientales adecuadas como humedad, temperatura, calidad del suelo, etc. En la Tabla 3 se muestran estas características y los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la caña de azúcar, los mismos fueron tomados para la presente clasificación de aptitud de uso.

Tabla 3. Rangos de Aptitud de uso de suelos para el cultivo de la caña.

Factor	Cualidad de la tierra	Unidad	Rangos de aptitud			
			Apto	Mod. Apto	Marginalmente Apto	No Apto
Clima	Temperatura	°C	22 a 32	20/22 a 32/35	18 a 20	< 18
	Precipitación media anual	mm	> 1 500	1 250 a 1 500	1 250 a 1 000	< 1 000
Topografía	Pendiente	%	0 a 8	8 a 16	16 a 30	> 30
	Drenaje externo		bueno a moderado	imperfecto a moderado	pobre	pobre a inundable
Suelo	Textura		F, FY	FYA, FYL, FL, FA	AF, YL	Y, A
	Drenaje interno		bien drenado	mod. Bien drenado	imperfectament e drenado	muy pobremente drenado
	CIC	meq/100 g S	> 30	12 a 30	6 a 12	< 6
	MO	%	> 4	2 a 4	1 a 2	< 2
	Acidez de intercambio (Al+H)	meq/100 g S				
	Nitrogeno total (Nt)	%	> 0.2	0.1 a 0.2	0.05 a 0.10	< 0.05
	Fósforo	ppm	> 14	6.5 a 14.0	3.0 a 6.5	< 3.0
	Potasio (K)	meq/100 g S	> 0.5	0.2 a 0.5	0.1 a 0.2	< 0.1
	Magnesio (Mg)	meq/100 g S	> 4	1.5 a 4.0	0.5 a 1.5	< 1.5
	Ca/Mg		> 15	2.5 a 15.0	1.5 a 2.5	< 1.5
	Productividad Rendimiento	t/ha	> 80	80 a 55	55 a 40	< 40

Fuente: Conservación internacional (2009).

Datos tabulares y mapas en el modelo

Una vez realizado el muestreo de suelos, estos fueron analizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía (LAFASA). Los parámetros determinados fueron: textura por el método de Bouyucos; conductividad eléctrica (dS m^{-1}) y pH por potenciometría; calcio, magnesio, potasio y sodio por espectrofotometría de adsorción atómica; acidez de cambio por volumetría; materia orgánica por combustión húmeda, fósforo por el método de Bray y Kurtz. Asimismo, se evaluó aspectos relevantes al sitio de la muestra como cobertura, topografía, uso de la tierra entre otros, según la metodología de la FAO (1976). Con toda esa información, se procedió a modelar mapas. Se utilizó el software ArcGIS aplicando el método de interpolación y álgebra de mapas a los 470 km^2 del área de estudio que abarca la unidad fisiográfica de “Llanura de Pie de Monte con Disección Moderada LPDM” donde se distribuyen las 14 calicatas. La metodología utilizada en la evaluación de la tierra se basó en el “Esquema para la Evaluación de Tierras” (FAO, 1976), cuyo esquema se encuentra en la Figura 2.

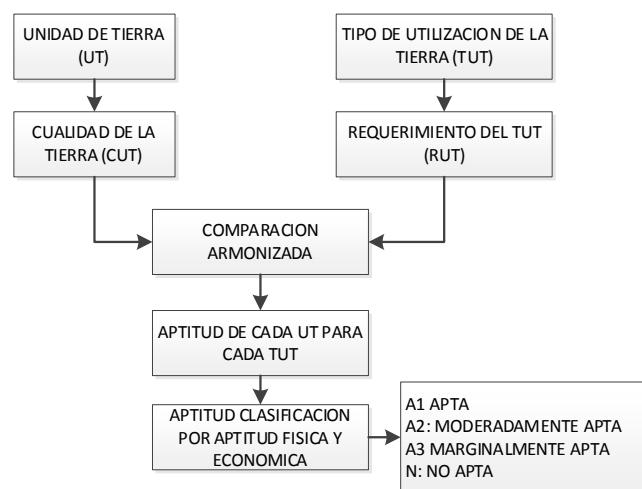


Figura 2. Proceso Conceptual para la elaboración del Mapa fisiográfico. Fuente: FAO (1976).

A partir del análisis de las unidades de terreno, de sus componentes y otros parámetros biofísicos, identificación de las características relevantes de cada calidad de la tierra y sus niveles críticos que dan como resultado las unidades de tierra (UT). Se consideran también posibles mejoramientos de calidades para la aplicación de Tipos de Utilización de la Tierra (TUTs) determinados (la oferta de características de la tierra). En la fase “Comparación

armonizada” se debe realizar la comparación de los requisitos de los tipos de utilización de la tierra con las cualidades de las unidades de la tierra por componentes. Mencionar que en la fase “Clasificación de la aptitud de la tierra”, la cualidad más limitante es determinante para la clasificación. 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.

Evaluación y clasificación de la aptitud de la tierra para el cultivo de caña de azúcar

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.

Para identificar la aptitud de uso de la tierra, se confrontan la calidad de la tierra (CUT) con los requerimientos del tipo de utilización de la tierra (RUT) para cada factor que limite 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 Tipo de Utilización de la Tierra (TUT) se toma de la calidad de la tierra más limitante, en otras palabras, la CUT cuya evaluación resultó peor. La ventaja de este método es la simplicidad, ‘la ley del mínimo’ (Leibig, 1840); si los niveles de severidad de CUTs 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 (1976), 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. Finalmente, los resultados encontrados se presentaron a los actores locales y se absolvieron sus preguntas, validando el trabajo desarrollado.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 4, presenta valores de nitrógeno, fósforo y potasio en kg ha^{-1} para los 14 puntos de muestreo, asimismo se tiene la demanda de nutrientes por parte del cultivo de la caña de azúcar. Según Conservación Internacional (2009), para un rendimiento de 90 t ha^{-1} , se requieren 85 kg de nitrógeno, 180 kg de fósforo y

180 kg de potasio. Para el cálculo del nitrógeno, se asumió un coeficiente de mineralización de 2.5 por ciento con respecto al nitrógeno total. 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.

Tabla 4. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos y demanda de los mismos por el cultivo de la caña de azúcar para obtener rendimientos adecuados.

Calicata	Profundidad (cm)	Oferta (kg ha^{-1})			Requerimiento (kg ha^{-1})			Balance (kg ha^{-1})		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
TUM 1	26	187	11	147	85	60	180	102	-49	-33
TUM 2	20	101	4	116	85	60	180	16	-56	-64
TUM 3	30	248	9	75	85	60	180	163	-51	-105
TUM 4	42	49	12	46	85	60	180	-36	-48	-134
TUM 5	34	134	7	50	85	60	180	49	-53	-130
TUM 6	35	239	10	369	85	60	180	154	-50	189
TUM 7	33	159	13	722	85	60	180	74	-47	542
TUM 8	42	244	7	419	85	60	180	159	-53	239
TUM 9	57	238	7	334	85	60	180	153	-53	154
TUM 10	52	94	4	153	85	60	180	9	-56	-27
TUM 11	36	161	15	188	85	60	180	76	-45	8
TUM 12	80	278	41	361	85	60	180	193	-19	181
TUM 13	68	428	11	454	85	60	180	343	-49	274
TUM 14	45	45	44	59	85	60	180	-40	-16	-121

Valores negativos denotan déficit de esos nutrientes.

En base a estos tres elementos, se puede señalar que los suelos presentan serias limitaciones en cuanto a la disponibilidad de fósforo, asimismo se tienen otras limitaciones como el exceso de las precipitaciones que ocasionan anegamientos debido a la topografía plana, o la profundidad del suelo que se encuentra en su mayor parte por debajo de los 50 centímetros.

Nitrógeno

La caña de azúcar absorbe nitrógeno en sus diferentes etapas fenológicas, según González-Chavarro et al., (2018), este cultivo absorbe hasta 347 kg de N ha^{-1} a

los 347 días luego de su implementación en el suelo, sin embargo, Rengel et al. (2011) reporta una absorción máxima de 95 kg de N ha^{-1} en la variedad RB 85-5035. En el presente trabajo, en el 80 por ciento de las muestras el nitrógeno se encuentra por encima de los 100 kg ha^{-1} .

El contenido de nitrógeno, está asociada a la materia orgánica, la misma se encuentra en los primeros 10 cm del suelo, 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.

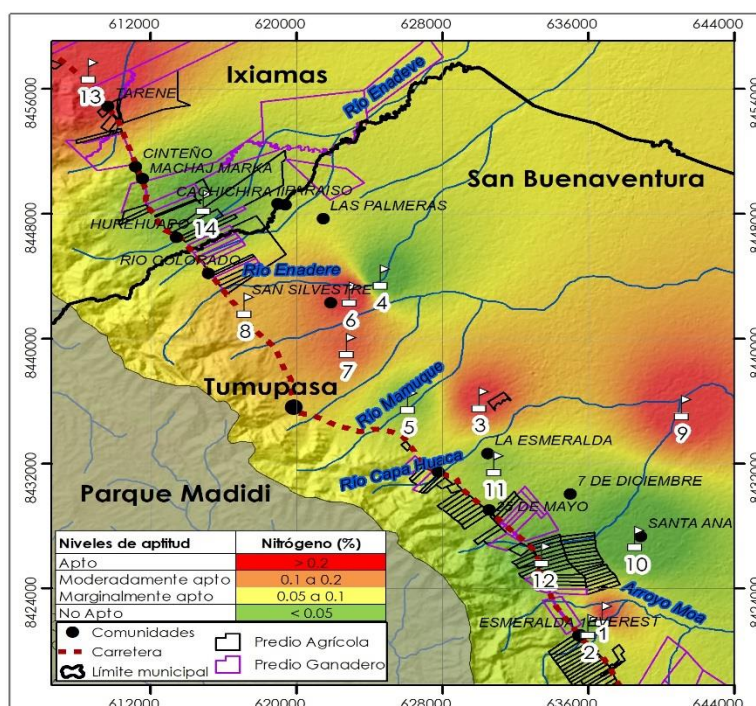


Figura 3. Distribución y contenido del nitrógeno total en el área de estudio. Fuente: DEM ALOS PALSAR 2007, y Raster en base a interpolación de datos del estudio.

Fósforo

De acuerdo a los resultados de los análisis de suelos, estos presentan un déficit en el contenido de fósforo disponible (P2O5), los mismos se encuentran en un 90 % de las muestras analizadas por debajo de 7 ppm (Figura 4), 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, ya que varios autores señalan que este elemento debe estar por encima de los 40 hasta 100 kg ha⁻¹ (González-Chavarró et al, 2018; Wagner de Oliveira et al., 2003; Velasco, 2014).

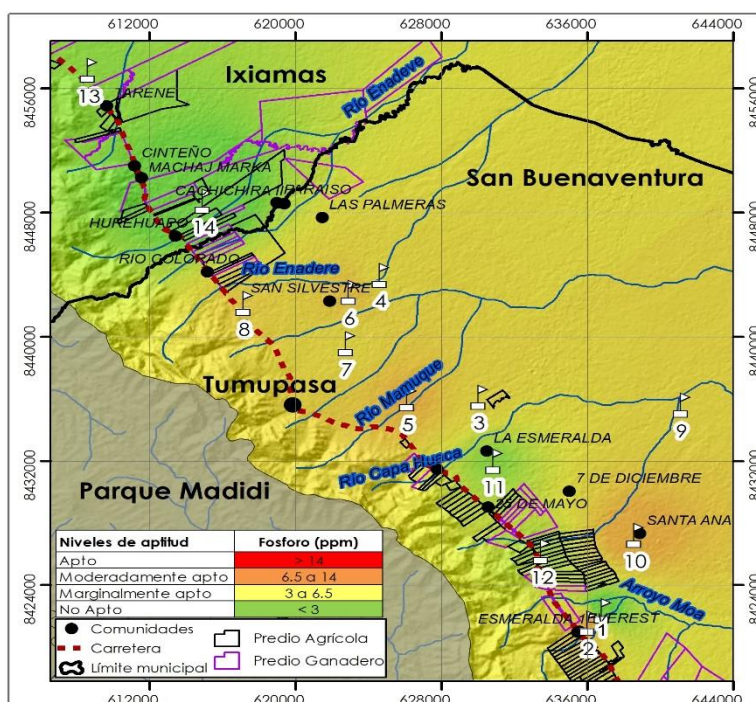


Figura 4. Distribución y contenido del fósforo en el área de estudio. Fuente: DEM ALOS PALSAR 2007, y Raster en base a interpolación de datos del estudio.

Acidez intercambiable

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 5). La excesiva acidez debido al aluminio, se manifiesta en deficiencias nutritivas severas y efectos tóxicos causados por los iones de Al y Mn. El principal

efecto de la fitotoxicidad de Al es la restricción del desarrollo radical, por lo cual la planta reduce el volumen de suelo que puede explorar, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes, de agua y producción de materia seca total (Carreño y Chaparro-Giraldo, 2013). Una forma de mitigar el efecto de la acidez en suelos tropicales es a través del encalado (Castro y Munevar, 2013), ya que la cal sube el pH, mejora la absorción y redistribución de N en la planta y libera el fósforo retenido en el suelo (Fisher et al., 2017).

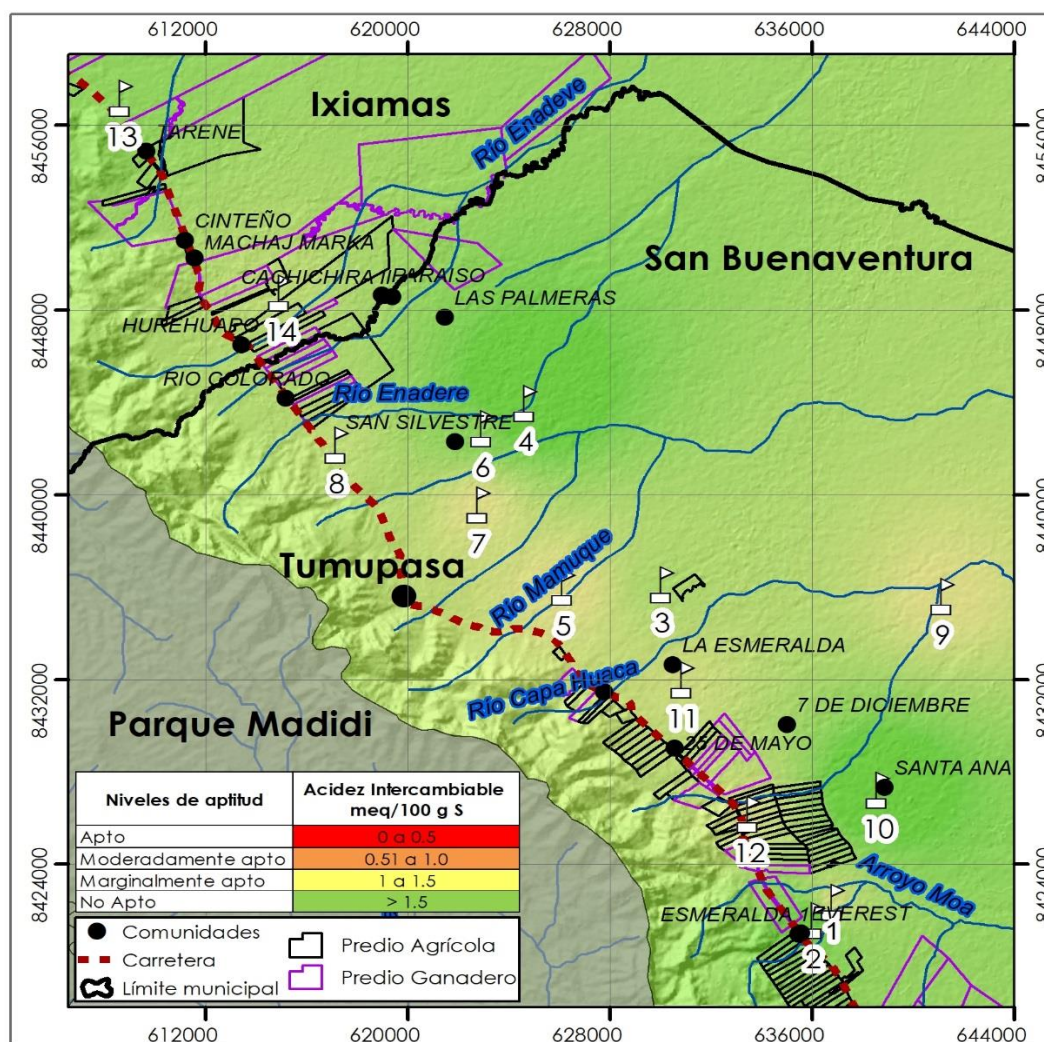


Figura 5. Distribución y contenido del Al+H (Acidez intercambiable) en el área de estudio. Fuente: DEM ALOS PALSAR 2007, y Raster en base a interpolación de datos del estudio.

Calcio y magnesio

Otro factor edáfico que limita el desarrollo de la caña de azúcar es el contenido de calcio y magnesio (Figura 6), estos elementos son lixiviados debido a las

precipitaciones pluviales que se dan en la región (1800 mm anuales). El encalado es una actividad que podría corregir esta deficiencia, para ello se deberán tomar en cuenta el aspecto económico.

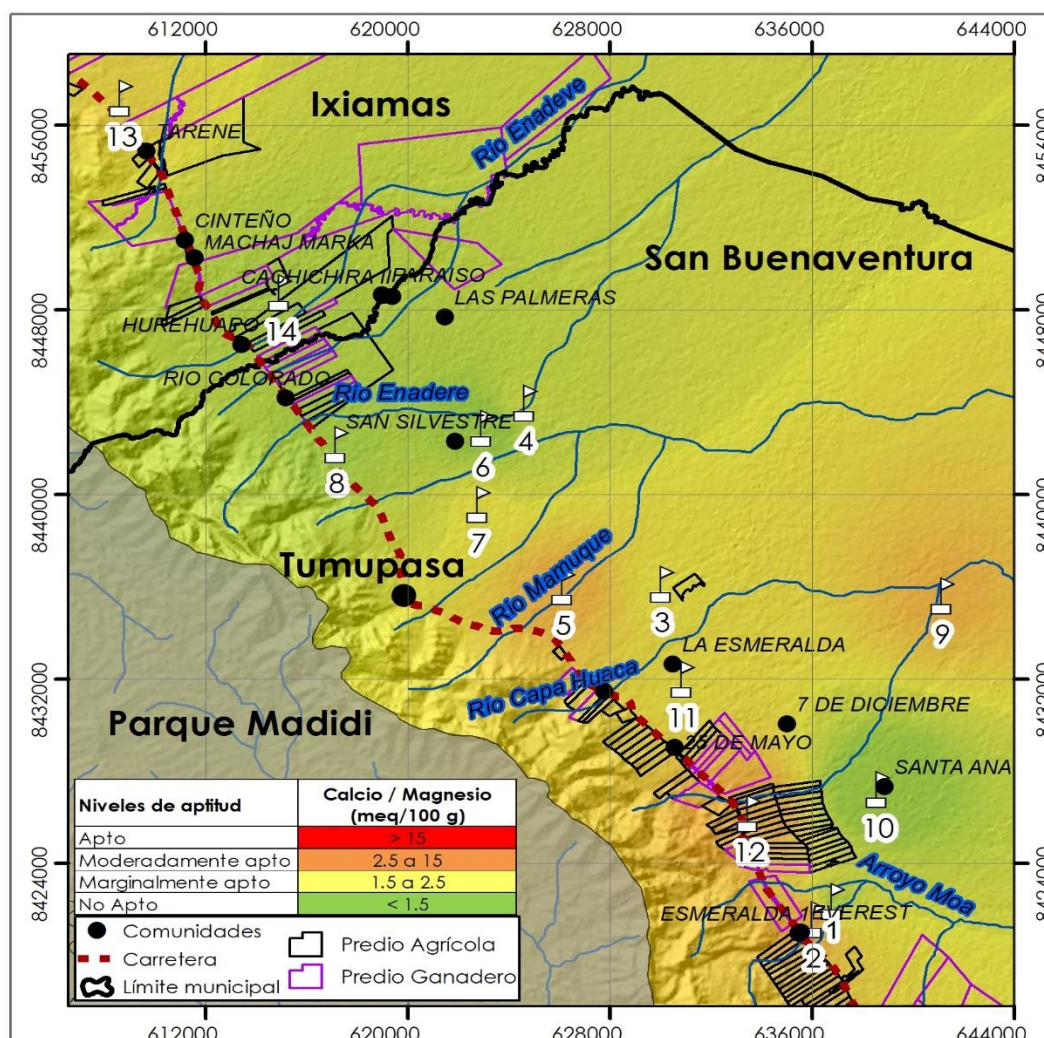


Figura 6. Distribución y contenido de la relación Ca/Mg en el área de estudio. Fuente: DEM ALOS PALSAR 2007, y Raster en base a interpolación de datos del estudio.

Aptitud de uso de suelo para la caña de azúcar

Para la determinación de la aptitud de uso para la caña de azúcar (Figura 7), se tomó en cuenta variables edafoclimáticas como la temperatura, precipitación, textura, acidez del suelo, pH, nutrientes y materia orgánica (datos no mostrados). En base a estos parámetros se determinó que los suelos de la región de Tumupasa en general 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 a 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 en caso de invertir en estos insumos. Cabe señalar también que, el inadecuado manejo de estas enmiendas o insumos (cal, fertilizantes, etc.), podría ocasionar un impacto sobre la biodiversidad y las propiedades del suelo.

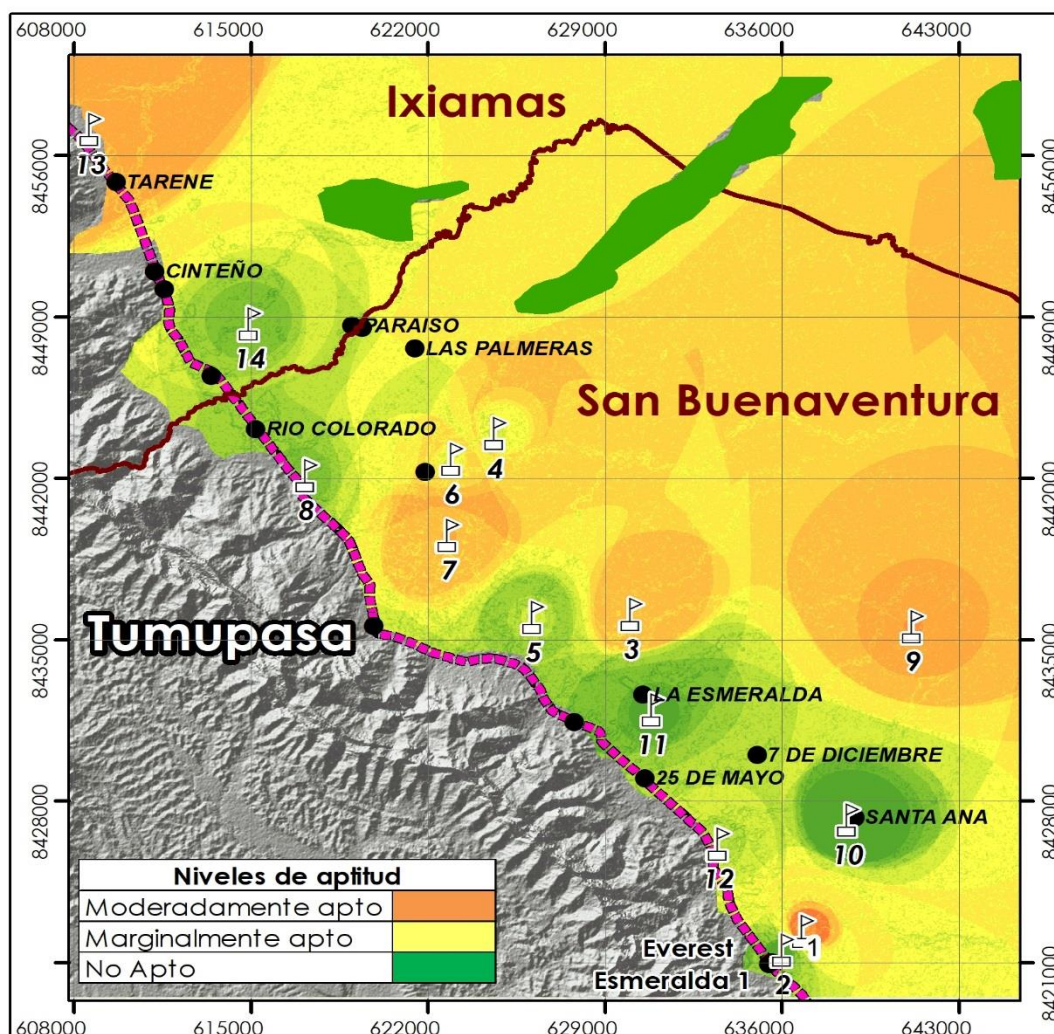


Figura 7. Aptitud de uso de la Tierra para el cultivo de la caña de azúcar. Fuente: DEM ALOS PALSAR 2007, y Raster en base a interpolación de datos del estudio.

Si bien estos suelos presentan estas limitaciones para el cultivo de la caña de azúcar, se debe desatacar que presenta una serie de potencialidades para el desarrollo de otros cultivos como el cacao (*Theobroma cacao*), piña (*Ananas comosus*), o el aprovechamiento de palmeras como el assai (*Euterpe oleracea*), palmito (*Chamaerops humilis*), etc. Por otro lado, autores como Viloria (2003), mencionan que se debe determinar la aptitud económica. En el presente estudio no se realizó este componente.

CONCLUSIONES

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 incentivará 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. 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.

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.

AGRADECIMIENTOS

A las organizaciones sociales del Distrito de Tumupasa, Sub alcaldía de Tumupasa, Consejo Indígena del Pueblo Tacana, la Asociación de Productores de Caña de Azúcar de Tumupasa y personal administrativo de la División de Desarrollo Integral del Norte Amazónico de la Universidad Mayor de San Andrés Tumupasa por el apoyo logístico en la fase de campo del proyecto.

A la Universidad Mayor de San Andrés por financiar el proyecto a través de la División de Desarrollo Integral del Norte Amazónico, Instituto de Desarrollo Regional, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales y la Estación Experimental Sapecho.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, A. 1985. The energy cane alternative (Sugar Series, 6). Universidad Río Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands: 509 p.
- AEMP. 2018. Estudio de mercado de alcohol etílico en Bolivia. Autoridad de Fiscalización de Empresas. La Paz, Bolivia. 63 p.
- Carreño, A; Chaparro-Giraldo, A. 2013. Tolerancia al aluminio en especies vegetales: mecanismos y genes (en línea). *Universitas Scientiarum* 18(3):283-310. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v18n3/v18n3a04.pdf>
- Castro, H; Munevar, O. 2013. Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes (en línea). *Revista UDCA. Actualidad y Divulgación Científica* 16(2):409-416. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v16n2/v16n2a15.pdf>
- 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.
- Cuentas, L. 2012. Producción y política azucarera (en línea). *Fides Et Ratio* 5(5). Disponible en http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v5n5/v5n5_a10.pdf
- CUMAT. 1985. Estudio de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra Altamarani-Rurrenabaque. USAID/Bolivia-PL 480. Centro de Investigación de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra. La Paz, Bolivia. 96 p.
- Decreto Supremo N° 1409. 2012. Estado Plurinacional de Bolivia (en línea). Consultado 10 nov. 2019. Disponible en <https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N1409.html>
- Decreto Supremo N°2907. 2016. Estado Plurinacional de Bolivia (en línea). Consultado 08 mar. 2021. Disponible en bolivia.infoleyes.com/articulo/86895.
- Duarte Alvarez, OJ; González, DJ. 2019. Guía técnica cultivo de caña de azúcar. Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 40 p.
- EASBA. 2018. Plan estratégico empresarial. Propuesta de modificación al decreto supremo No 1409 (en línea). Consultado 12 nov. 2019. Disponible en <https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-N1409.html>
- EASBA. 2018. Empresa Azucarera San Buenaventura. Plan Estratégico Empresarial 2016 – 2020 de la Empresa Azucarera San Buenaventura. EASBA. 72 p.
- El Deber. 2018. La producción de azúcar supera los 10 millones de quintales (en línea). Consultado 8 dic. 2019. Disponible en: https://eldeber.com.bo/111121_la-produccion-de-azucar-supera-los-10-millones-de-quintales
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. FAO, Roma.
- 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.
- FIRA. 2010. Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México en Boletín Informativo, Nueva Época, Núm. 11.
- Fisher, KA; Yarwood, SA; James, BR. 2017. Soil urease activity and bacterial ure gene copy numbers: Effect of pH. *Geoderma*, 285: 1-8.
- González-Chavarro, F; Cabezas-Gutiérrez, M; Ramírez-Gómez, M; Ramírez-Durán, J. 2018. Curvas de absorción de macronutrientes en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Para panela, en la hoya del río Suárez. *U.D.C.A Actualidad y Divulgación*

- Científica 21(2):395-404.
- Holdridge, LR; Tosi, JA; Unzueta, O. 1975. Mapa ecológico de Bolivia. Organization of American States.; Instituto Geográfico Militar (Bolivia), Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, división de suelos, riegos e ingeniería. 322 p.
- Ley N°3546. 2006. Estado plurinacional de Bolivia (en línea). Consultado 03 ene. 2021. Disponible en www.lexivox.org/norms/BO-L-3546.html
- Liebig, VJ. 1840. Química orgánica aplicada a la agricultura y a la fisiología. Traducida del inglés, 1842. C·diz
- Rengel, M; Gil, F; Montaña, J. 2011. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. Macronutrientes. Bioagro (Venezuela). 23(1):43-50.
- Velasco-Velasco, J. 2014. Los biofertilizantes y la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, México.
- Viloria, JA; Pineda, C; Lopez, D. 2003. Aptitud de la tierra para caña de azúcar y banano en el sistema de riego taguaiguay. (araguavenezuela). Agronomía Tropical 53(2):189-207.
- Wagner de Oliveira, M; Carvalho, I; Pereira, MH; Vitti, A; Oliveira, R. 2003. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. Rev. Informações Agronômicas (Brasil) (101):9-10.
- Artículo recibido en: 11 de agosto 2020
Aceptado en: 04 de abril 2021