

Planificación de la zonificación de la Finca Experimental San Francisco situada en la provincia del Carchi Ecuador

Zoning planning for the San Francisco Experimental Land located in the Carchi province Ecuador

(Entregado 28/10/2018) – (Revisado 30/10/2018)

Julio Peña; Judith García; Martín Campos (Universidad Politécnica Estatal del Carchi – Ecuador)

julio.penia@upec.edu.ec - <https://orcid.org/0000-0002-9363-2829>

judithj.garcia@upec.edu.ec - <https://orcid.org/0000-0003-3654-650X>

rolando.campos@upec.edu.ec - <https://orcid.org/0000-0002-3309-2074>

Resumen

La presente investigación se realizó en la Finca Experimental “San Francisco” de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC) ubicada en el valle interandino norte del Ecuador. El objetivo fue la identificación y espacialización de la finca a fin de levantar información para la zonificación técnica. Se realizó el levantamiento topográfico, delimitación de las pendientes del terreno, áreas de protección y recursos hídricos; determinación de tipos de suelo y del uso actual de los suelos; además de la ubicación de la infraestructura existente. Esta zonificación abrió la oportunidad de obtener en el futuro próximo, mayor rendimiento potencial en la producción agrícola y pecuaria, considerando las necesidades de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuaria (EDIA) en lo que se refiere a designar áreas para la academia, la investigación y tesis de los egresados. Se evidenció con este estudio que es necesario implementar un sistema de riego para contrarrestar las largas épocas de sequía que en los últimos años se han presentado en la zona y en todo el país. Igualmente es importante elaborar un programa de protección de la cuenca de la Quebrada Santo Tomás para preservar las especies nativas, de flora y fauna existente y fuentes hídricas. En las áreas con pendientes fuertes se recomienda implementar

un proyecto silvopastoril para evitar la erosión de estas zonas, además de la formación de terrazas de lenta formación. Se necesita establecer un programa de rotación de cultivos con la finalidad obtener una producción sustentable y minimizar los riesgos de erosión y elaborar un proyecto agro-ecoturístico, aprovechando las potencialidades de la finca en conjunto con la Escuela de Turismo de la UPEC.

Palabras Clave: *levantamiento topográfico, áreas de protección, recursos hídricos, tipos de suelo, uso de los suelos, infraestructura.*

Abstract

The investigation was in “San Francisco Experimental Ranch”, of the Carchi State Polytechnic University (UPEC), located at north Ecuador; in order to gather information for identification and spacing of the site. This research serves as input to zoning since it makes topographic surveys, slopes map, protection areas map and water resources; soil types and current use and existing infrastructure. This will allow obtaining higher crops yield and stock breeding production, considering the needs of the School of Agricultural Engineering (EDIA), referring to designated areas for teaching and investigation. It was evidenced that is necessary to implement an irrigation system to counteract long periods of drought that have occurred in recent years in the area and throughout the country. It is also important to develop a protection program for Santo Tomas Basin to preserve native species, existing flora and fauna and water sources. In areas with steep slopes, it is recommended to implement a silvopastoril project to prevent erosion, in addition the formation of slow-forming terraces. It is also necessary to establish a crop rotation program for sustainable production and minimize erosion risks and develop an agro-ecotourism project, taking advantage of the ranch potential in conjunction with the UPEC School of Tourism.

Keywords: *topographic survey, protection areas, water resources, soil types, land use, infrastructure*

1. Introducción

En Ecuador, los lineamientos de política en materia de innovación (investigación y desarrollo, capacitación e inversión de capital) para la sostenibilidad, deben considerar tanto la distribución de las tierras según el uso, como la calidad y eficiencia de dichos usos; todo ello en función de enfrentar retos de enorme complejidad y dimensión, como son: a) El crecimiento demográfico y las exigencias nacionales y regionales de crecimiento económico, b) La obligada previsión frente a las amenazas del Cambio Climático y c) La necesidad de detener la degradación de los suelos productivos, rescatar las áreas improductivas, garantizar la protección de la superficie captadora de agua y protectora de la biodiversidad e instaurar un programa de restauración ambiental para detener la contaminación de los cursos de agua. (Franco, 2015a).

La Finca Experimental “San Francisco” de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), se encuentra ubicada en la provincia de Carchi, está ubicada en el norte del Valle Interandino (VI), en la Zona de Planificación 1 del Ecuador (Carchi, Esmeraldas, Imbabura y Sucumbíos), territorio Fronterizo con Colombia. En el cantón San Pedro de Huaca, sector la Calera, Huaca con una altitud de 2834 msnm. Los límites de la parroquia Huaca son; al norte el cantón Tulcán, al sur el cantón Montúfar, al este la Provincia de Sucumbíos, al oeste el cantón Tulcán y el cantón Montufar; sus coordenadas geográficas: 00-38’-29’’ latitud Norte, 77-43°-35’ longitud Oeste. Es de clima frío de altura, su temperatura varía de 3°C a 18°C con un promedio de 12°C, precipitación promedio 1200 mm anual humedad relativa 80% (Rosero y Franco, 2016)

Desde el punto de vista académico y productivo, se necesita formular un plan de ordenamiento y uso (zonificación), con criterio agroecológico que transforme la finca en un modelo experimental de desarrollo sostenible para la región de influencia, en el norte del Carchi.

Zonificación es el estudio y ordenamiento de las áreas tomado como un sistema de interacciones múltiples. Este es un instrumento de gestión que integra los conocimientos técnico-científicos, con las propuestas de los agentes sociales, por ello es necesario negociar y ajustar el modelo a implantar de acuerdo con las diversas propuestas que existieren. Mediante la zonificación, además de obtener mapas que cristalicen el conocimiento, se

propone desarrollar un instrumento de gestión capaz de incorporar los cambios científicos, económicos o sociales.

Sin embargo, previo a la zonificación y asignación de usos óptimos es necesario levantar la información para constatar el estado del predio en las condiciones presentes. Todo el proceso se inicia con el ordenamiento territorial de cada uno de sus componentes que conforman el sistema, como son: el recurso agua, suelo, flora, entre otros. La zonificación para la ordenación y manejo de las áreas se constituye además en un ejercicio dinámico y flexible, el cual debe ser revisado y ajustado constantemente.

En el particular de la Finca Experimental San Francisco esta reorganización debe ajustarse a las planificaciones académicas con el fin de fortalecer la excelencia educativa en base al buen uso y manejo de los recursos naturales. Adicionalmente esta finca puede ser tomada como ejemplo piloto para ser replicado en zonas rurales agrícolas de la provincia aportando al plan de desarrollo, demarcando zonas en base al uso potencial del suelo predestinándolo para un aprovechamiento adecuado y una actividad determinada.

Al respecto, Poggio (2015) sugiere que es importante diseñar fincas modelo para impulsar el concepto de la agricultura multifuncional, que incluye, en un sentido amplio, extender la definición de la agricultura más allá de su papel en la producción de alimentos, fibras y biocombustibles; señalando que el gran reto de los agricultores será convertirse en custodios de los servicios que la biodiversidad de los agroecosistemas le provee a la sociedad.

En la zona de estudio, el uso agrícola se ha venido intensificando desde su deforestación a mediados del siglo XX (Hidalgo, 2007); aparte de esto, en la Finca Experimental San Francisco se ha venido desarrollando un sistema de producción tradicional, que no permite un buen manejo de los recursos naturales, económicos y sociales. Por ello, la zonificación constituye una herramienta básica de manejo, que posibilitará un mejor aprovechamiento de los recursos en especial del suelo, con la delimitación de áreas por características agroecológicas similares, creando así la línea base para direccionar el uso adecuado y su conservación.

Es necesario demarcar áreas con el fin de ser utilizadas en determinadas actividades agrícolas o pecuarias y es necesario mapear cada una de las áreas geográficas en lotes homogéneos en base al uso potencial y aptitudes agroecológicas y topográficas, para diseñar una propuesta de uso de suelo que contribuya a mejorar su producción y administración de la hacienda. Para lograr todo ello se tomará como insumo los resultados de la presente investigación.

2. Materiales y métodos

La presente investigación está basada en investigar características específicas de la Finca Experimental San Francisco, para realizar la delimitación de áreas a fin de efectuar un uso racional de recursos. Se recogió información primaria y se efectuaron ciertas caracterizaciones y diagnósticos, con el fin de levantar la línea base para iniciar la zonificación y determinar la situación en la que se encuentra la Finca Experimental San Francisco.

La zonificación es un proceso técnico de dividir sectores o áreas homogéneas conforme a capacidad de producción, tipo de suelo, tipo de pendiente y uso de suelos para permitir un manejo técnico en las labores agropecuarias y conseguir una administración eficaz.

En la presente investigación se realizó análisis de suelos en 11 bloques, el análisis de aguas en las vertientes que existen en la hacienda, en la quebrada Santo Tomas y en el agua de consumo humano, además se realizó un muestreo de flora y fauna para levantar un banco de datos. Para la toma de datos se utilizó la técnica de levantamiento topográfico de precisión y se efectuó una caracterización y delimitación de áreas. Se realizó un recorrido general de la finca, tomando geo referencias con un GPS de marca “GARMIN”. En este recorrido se levantó la mayor cantidad de información posible, con el objetivo de planificar un trabajo de precisión de referencia.

El levantamiento topográfico se realizó por poligonales cerradas, ya que se trata de un predio grande con una topografía irregular, por tanto, resulta el método más adecuado. El proceso que se siguió es el siguiente:

1. Los equipos y herramientas utilizados fueron: teodolitos, brújulas, trípodes, cintas métricas, jalones, miras y los materiales como combos, mojones y estacas.
2. Se colocaron 27 estaciones.
3. Se realizó el levantamiento utilizando los equipos y herramientas necesarias, ubicando el norte correspondiente y las coordenadas del P1 y P2 (un par de coordenadas hacia el norte) para que todos los puntos sean geo referenciados. Luego se establecieron: linderos, infraestructura existente, detalles de quebradas, vertientes de agua y cada cambio de pendiente para las respectivas curvas de nivel.
4. Al terminar este proceso de campo, en el sitio se procedió a comprobar el cierre de ángulos aplicando la formula conocida $n + 2(180)$. Se aplicó esta fórmula ya que se trabajó con ángulos exteriores, es decir en sentido de las manecillas del reloj, teniendo un error de $1^{\circ}40''$ (un minuto con cuarenta segundos) el mismo que es un error admisible.
5. Posteriormente se repartió el error de cierre de ángulos entre las 27 estaciones y se calcularon distancias horizontales aplicando la fórmula $DH = \cos^2 \alpha \cdot DI$.
6. Luego se procedió a calcular las diferencias de nivel utilizando la formula $DIF NIVEL = \text{Tag de } \alpha \cdot DH$, y con estos datos se calcularon las cotas correspondientes iniciando con la cota tomada de un alímetro.
7. Se realizó el dibujo digitalizado utilizando el programa **AUTOCAD** y el programa compatible de topografía **INSPUNT** para el dibujo de detalles y **CALCUR** para la interpolación de curvas de nivel.
8. Utilizando este procedimiento se realizó el cálculo de áreas.

Zonificación de pendiente del terreno.

Para definir las pendientes del terreno se utilizaron las curvas de nivel del levantamiento topográfico. Se procedió de la siguiente manera:

- Se ubicó la línea de corte, la cual es la línea a través de la cual se puede ver una sección.

- Se dibuja la línea de base a la escala que se crea conveniente tomando en cuenta que el dibujo de la sección no sea demasiado grande pero tampoco muy pequeña, para poder identificar en forma clara la sección correspondiente.
- Luego se proyectan líneas perpendiculares desde la línea base hasta la intersección que se forma entre la línea de corte con la curva de nivel.
- Luego se trazan paralelas a la línea base y se ubican los valores de los mismos que pueden ir desde cada metro hasta los diez metros según sea el requerimiento y el tipo de topografía del terreno.

De esta manera se calcularon las pendientes que se pueden ver en el plano.

Zonificación de áreas de protección, recursos hídricos, perfiles.

En base a cada una de las áreas húmedas se determinaron diversas zonas y su extensión, con el fin de que posteriormente se pueda generar una propuesta de conservación y/o protección.

FLORA. - Se replanteó en el área de protección ocho rectángulos de 3x10 m y se procedió a la toma de datos de la flora existente, para luego determinar, con la ayuda de expertos en botánica, el nombre científico y la familia a la cual pertenecen.

FAUNA. - Para la obtención de los datos de la fauna, se procedió a un recorrido de observación para determinar que animales existen en la actualidad en la zona de protección de la Finca Experimental San Francisco y el nombre científico de la fauna del lugar.

Zonificación del tipo de suelos.

Se efectuó la toma de muestras en cada uno de los lotes zonificados y se envió a un laboratorio de suelos para su respectivo análisis químico. Se zonificó aprovechando los mismos bloques de pendientes, conformándose 11 bloques en los cuales se tomaron 10 submuestras en cada bloque, las mismas que fueron enviadas al INIAP para su respectivo análisis. Las muestras se tomaron geo referenciadas utilizando un GPS de marca GARMIN, además se fue anotando el tipo de cultivo que existía al momento de la toma de las mencionadas muestras. Se tuvo cuidado de no muestrear en áreas cercanas de tapias viejas o corrales, caminos, aguadas, sectores de carga o descarga de fertilizantes y construcciones;

teniendo siempre la precisión de dejar una distancia de 50 metros de los alambrados perimetrales. Los tipos de suelos encontrados se presentan en un plano.

Zonificación del uso actual de suelos.

Se realizó juntamente con el levantamiento topográfico tomando detalles de cada uno de los potreros. Además, se calculó el área de cada uno de los lotes tanto las zonificadas como las áreas que aún faltan por zonificar, incluyendo las áreas de protección y de recursos hídricos. El uso actual de los suelos se presenta en un plano.

Zonificación de Ubicación de la infraestructura existente.

Se realizó en el momento que se hizo el levantamiento topográfico, con el detalle para precisar su área y estado.

3. Resultados

La ubicación de la hacienda San Francisco es estratégica, a 24 Km de la ciudad de Tulcán, capital de la provincia del Carchi y Capital del cantón Tulcán; a 4 Km de la ciudad San Pedro de Huaca, capital del cantón Huaca (Figura 1) y a 16 Km de San Gabriel capital del cantón Montufar. Una de sus particularidades es que se pertenece al cantón Tulcán y al cantón San Pedro de Huaca, por el medio pasa la Quebrada Santo Tomas, la misma que sirve de línea fronteriza entre estos dos cantones.



Figura 1. Mapa de la zona

El análisis de la problemática actual de la finca se realizó estableciendo tres zonas, en las cuales se detectaron las siguientes falencias:

ZONA PRODUCTIVA. - Actualmente a la finca sólo se utiliza para realizar prácticas de aula y preprofesionales. Esto se traduce en la falta de coordinación entre la administración, los docentes y estudiantes, ya que no se la considera con una finca auto sustentable, capaz de brindar beneficios económicos, sociales y ambientales; que garanticen la excelencia en la calidad de la educación, en la investigación y el servicio a la colectividad. Se encontró que la falta de planificación hace que la producción sea un proceso de desarrollo lento.

COMPONENTE PECUARIO: Actualmente la finca cuenta con un galpón de cuyes con un área de 60 m², cuya capacidad es de 500 cuyes; el mismo que está siendo subutilizado porque solamente se cuenta con 100 cuyes, debido a la inadecuada planificación en el manejo de la producción; al no contar con áreas específicas que provean de forraje para su alimentación y de un cuidador exclusivo responsable de esta área. Así mismo cuenta con un establo cuya área es de 93 m², su capacidad es para 50 vacas, cuenta con un equipo de ordeño mecánico para dos puestos, el establo en su infraestructura se encuentra en estado regular,

faltándole un tanque de enfriamiento para mantener la leche en buen estado y un área para albergar los animales recién nacidos para protegerlos de la intemperie. Para el componente ganadero, se cuenta con una extensión de 19 has compuestas en su mayoría por pasto natural, factor que influye en la baja productividad de la leche. El establo ganadero produce aguas residuales que están contaminando la quebrada Santo Tomás por lo cual se requiere la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

COMPONENTE AGRÍCOLA: Actualmente están destinadas 10 has para realizar actividades agrícolas; dedicadas a la experimentación realizada por los estudiantes y docentes de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuaria (EDIA), sin que se haya establecido una distribución específica; que cumpla las condiciones adecuadas para estos fines. Con el agravante de no disponer de tecnología y herramientas apropiadas que garanticen buenos resultados en la producción. Los docentes y estudiantes han designado ciertas áreas de la finca para desarrollar las prácticas afines a las asignaturas agrícolas, encontrándose cultivos de maíz, papa, arveja, hortalizas, tomate, mora, uvilla entre otros. Los cuales sufren los estragos de la deficiencia de agua por no contar con infraestructura para regadío.

Linderos

La Finca Experimental San Francisco tiene los siguientes linderos:

NORTE: Con Nelson Rúales en 296 m y con Luis Solís en 326 m.

SUR: Con camino público en 707 m.

ESTE: Con camino público en 644 m y con Quebrada Santo Tomas en 624 m.

OESTE: Con vía a Santa Martha de Cuba en 811 m.

Análisis de suelos

En los sitios donde se recolectaron las muestras de suelo, el cultivo actual era pasto y los resultados se muestran en la Tabla 1. El pH es una de las principales variables del suelo puesto que controla muchos procesos químicos que tienen lugar en el suelo y afecta

específicamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En la finca estos valores son ligeramente ácidos y otros son ácidos; estos últimos ameritan intervenciones para enmendar los daños tales como la adición de Calcio. En relación con materia orgánica todos los bloques tienen niveles altos por tanto son suelos fértiles y aptos para cualquier cultivo de la zona. La mayoría de los suelos tienen contenidos altos y medios de NPK y ninguno de los microelementos alcanza niveles de toxicidad.

De acuerdo con Franco (2015c); el clima húmedo y frío de esta región permitió el desarrollo de bosques nublados (bosque húmedo y muy húmedo montano bajo y montano alto) sobre la capa de cenizas más superficial por encima de los 2.000 m de altitud, generando suelos jóvenes (menos de 10.000 años, algunos menos de 2.500) ricos en materia orgánica, ligeramente ácidos y de alto potencial productivo.

La provincia del Carchi es considerada principalmente como agrícola siendo esta actividad de gran importancia para el desarrollo local y nacional, En el año 2010, se han destinado en la provincia 7,703 hectáreas para la agricultura, siendo la papa, uno de los cultivos de mayor representatividad en la provincia, entre los 13 cultivos de gran importancia. (MAGAP, 2010)

En los cultivos se extraen grandes cantidades de nutrientes, los mismos que deben ser reemplazados por lo cual es necesario realizar aplicaciones de macronutrientes, nitrógeno (N₂), fósforo (P) y potasio (K), acompañado de micronutrientes como magnesio, sodio, manganeso, silicio, azufre entre otros. (Cortez & Hurtado, 2002). Es necesario realizar análisis de suelos antes de cada cultivo para detectar los contenidos de estos elementos en el suelo y así poder optimizar la aplicación de fertilizantes.

Tabla1.
Resultados del Análisis de suelos

BLOQUE	pH	%	ppm			meq/100ml			ppm			
		Materia Orgánica	NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn
1	Ac-RC	14,2 A	B	A	B	A	M	M	M	M	A	B
2	Lac-RC	15,4 A	M	A	B	A	M	B	B	M	A	B
3	Lac	18,3 A	B	M	B	A	M	M	M	M	A	B

4	Ac-RC	12,2 A	A	M	B	A	M	M	M	M	A	M
5	Lac	15,1 A	M	B	B	A	M	M	M	M	A	M
6	Ac-RC	10,3 A	M	B	B	A	M	M	M	A	A	M
7	Ac-RC	8,1 A	M	M	B	A	A	M	M	A	A	B
8	Lac	14,1 A	M	B	B	A	A	M	B	M	A	B
9	Lac	17,8 A	A	M	B	A	A	M	M	M	A	B
10	Ac-RC	13,1 A	B	B	B	M	A	M	B	M	A	B
11	Ac-RC	15,2 A	M	A	B	A	A	M	M	M	A	M

INTERPRETACIÓN

pH	Elementos
Ac = ácido	B = BAJO
Lac = Ligeramente ácido	M = MEDIO
RC = Requiere calcio	A = ALTO

Análisis de aguas

En las muestras de agua procedentes de las vertientes se observa que de acuerdo con los parámetros físicos presenta un color algo elevado pero aceptable de acuerdo con normas; con respecto a los análisis químicos es un agua blanda por los valores de dureza ya que posee baja concentración de carbonatos de calcio y magnesio, presenta una alcalinidad baja, débil en concentración de iones y sales minerales. Por el valor de pH y la titulación de acidez se observa que son ligeramente neutras. En general, todo el contenido de minerales y propiedades físicas de las muestras analizadas se ajustan a los límites establecidos en la norma de Aguas de riego que exige el Ministerio del Ambiente.

El análisis microbiológico de la muestra tomada en la red del sector poblado detectó presencia de bacterias aerobias, coliformes totales y coliformes fecales. Por lo observado, no hay remoción apropiada porque de acuerdo con lo propuesto en la norma se debe tener ausencia de carga microbiana para que sea apta para consumo humano, lo que quiere decir que se debe sujetar a un tratamiento de desinfección más apropiado en el sistema de tratamiento para que se tenga la disminución requerida.

En definitiva, el agua de la quebrada Santo Tomás es apta para riego, debido a que se ajusta a los límites que exige la norma de acuerdo con el Ministerio del Ambiente. Por

otro lado, el agua de la red de la ciudad que es destinada para consumo humano del reservorio no tiene cloro residual y falta de la desinfección efectiva para garantizar su uso en el consumo humano.

Levantamiento topográfico

Se establecieron las curvas de nivel en cada metro en la zona de estudio. Este insumo es fundamental para la división de la zona en lotes de acuerdo con la topografía del terreno (Figura 2). De acuerdo con ello también se realizó el mapa de pendientes dado en la figura 3. Este levantamiento también se podría utilizar para el diseño de un sistema de riego el cual no existe en el momento.



Figura 2. Topografía del terreno

Fisiografía

Mediante la utilización de planos topográficos se obtiene el mapa de pendientes, en donde se clasifica el terreno en áreas de igual pendiente, para esto se sigue la clasificación dada por el CIDIAT. En la Tabla 2 se resume la clasificación de la pendiente según el CIDIAT y en la Tabla 3 se categorizan utilizando la clasificación contemplada en Tabla 2.

En la Figura 3 se muestra el mapa de pendientes en el cual aparecen diferenciadas por colores las zonas homogéneas. Esta distribución debe ser considerada en la zonificación para realización de actividades tendientes a la preservación de los suelos en pendientes pronunciadas con mayor propensión a la erosión. Es de resaltar que solo 11,79 has tiene relieve pronunciado lo que equivale a un 26% de la totalidad de has de la finca; en la cual 15 has (33,3%) tiene pendiente fuerte inclinada, la cual se indica en color tomate en el plano de pendientes dado en la figura 3, el resto tiene pendientes aceptables para cultivo con 44,4% de la región con pendientes planas, señalada en color amarillo en el plano (Tabla 4).

Al respecto, Franco (2015b) estima que un tercio de los suelos del Carchi han sido fuertemente deteriorados y otro tercio a nivel medio, principalmente por sobreuso, mecanización en fuertes pendientes y uso indiscriminado de agroquímicos y semillas de dudosa calidad fitosanitaria. Considera también que no se están implementando programas efectivos para detener la degradación de los suelos. De igual manera el MAGAP (2012), establece que debido a su topografía y a malas prácticas agrícolas cerca del 50% de la superficie de suelos de Ecuador está en riesgo de erosión y el 12% ya está en avanzado proceso de degradación.

El uso agrícola y pecuario ignora tanto las limitaciones por pendiente como la variabilidad en los suelos, especialmente en su profundidad y potencial, lo cual está causando la degradación de los suelos en pendientes de más de 25% por el impacto del laboreo mecanizado mediante arado y rastra (Córdova y Valverde, 2002). Sólo los fondos de valle, con suelos mal drenados y las áreas en cimas y laderas fuertemente erosionados permanecen libres de uso y pueden ser colonizados por la vegetación natural. Los huertos familiares se

localizan mayormente en bases de ladera, con suelos de poca pendiente, profundos, bien drenados y poco o nada afectados por erosión.

Tabla 2
Clasificación de Pendientes

Pendiente Media en %	Pendiente Media en °	Relieve	Simb	Color	Nombre de la Pendiente
0 a 12	0 a 5,4	Suave	P1	Amarillo	Plana
12 a 25	5,4 a 11	Moderado	P2	Tomate	Fuerte inclinada
25 a 50	11 a 22	Pronunciado	P3	Verde	Montañosa
50 a 75	22 a 34	Muy pronunciado	P4	Lila	Muy montañosa
Mayor a 75	Mayor a 34	Escarpado	P5	Rojo	Escarpada

Fuente: CIDIAT (1984).

Tabla 3
Mapa de Pendientes de la Finca Experimental San Francisco

Bloques	Pendiente En %	Relieve	Simbología	Color	Nombre de la Pendiente	Área En Has
<i>Bloque 1</i>	22	<i>Moderado</i>	<i>P2</i>	<i>Tomate</i>	<i>Fuerte inclinada</i>	3,07
<i>Bloque 2</i>	16	<i>Moderado</i>	<i>P2</i>	<i>Tomate</i>	<i>Fuerte inclinada</i>	3,60
<i>Bloque 3</i>	12	<i>Moderado</i>	<i>P2</i>	<i>Tomate</i>	<i>Fuerte inclinada</i>	4,34
<i>Bloque 4</i>	5	<i>Suave</i>	<i>P1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Plana</i>	5,74
<i>Bloque 5</i>	4	<i>Suave</i>	<i>P1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Plana</i>	4,21
<i>Bloque 6</i>	7	<i>Suave</i>	<i>P1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Plana</i>	4,34
<i>Bloque 7</i>	30	<i>Pronunciado</i>	<i>P3</i>	<i>Verde</i>	<i>Montañosa</i>	6,81
<i>Bloque 8</i>	18	<i>Moderado</i>	<i>P2</i>	<i>Tomate</i>	<i>Fuerte inclinada</i>	2,59
<i>Bloque 9</i>	5	<i>Suave</i>	<i>P1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Plana</i>	3,94
<i>Bloque 10</i>	26	<i>Pronunciado</i>	<i>P3</i>	<i>Verde</i>	<i>Montañosa</i>	2,31
<i>Bloque 11</i>	9	<i>Suave</i>	<i>P1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Plana</i>	1,38
<i>Quebrada 12</i>	50	<i>Pronunciado</i>	<i>P3</i>	<i>Verde</i>	<i>Montañosa</i>	2,67

Tabla 4
Tipos de Pendientes de la Finca Experimental San Francisco

	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>	<i>% acumulado</i>
<i>Fuerte Inclclinada</i>	15	33,3	33,3
<i>Montañosa</i>	8	17,8	51,1
<i>Muy montañosa</i>	2	4,4	55,6
<i>Plana</i>	20	44,4	100,0
<i>Total</i>	45	100,0	

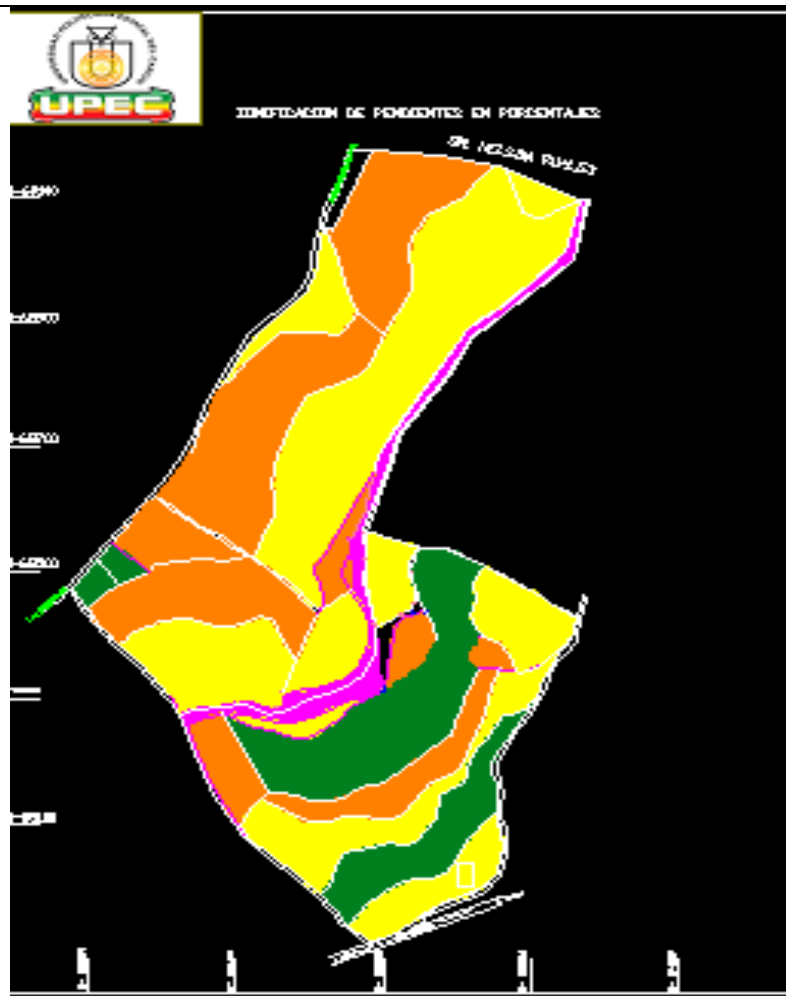


Figura 3. Mapa de pendientes

Leyenda: Tomate=Fuerte inclinada; Amarillo=Plana, Verde=Montañosa; Lila=Muy montañosa

Áreas de protección

Por la parte central de la hacienda, cruza la Quebrada Santo Tomas, contaminada por las aguas servidas de la comunidad San Vicente. La finca cuenta con tres vertientes naturales

de agua que no son utilizadas. Para esta parte del estudio se empezó delimitando la zona de recursos naturales, la misma que tiene un área de 2,58 has que será la zona de protección y de la misma forma se procedió con el área de recursos hídricos dando la suma del área de los dos humedales un total de 2,51 has (en color azul). Y la longitud de la Quebrada Santo Tomás (en color verde en la figura 4) de 1134 m por un ancho promedio de 4 m.

De acuerdo con Franco *et al.*, 2016; la quebrada Santo Tomás y el bosque ripario a sus márgenes constituyen un corredor biológico contentivo de especies vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas de valor ecológico y es un lugar estratégico que debe ser considerado para conservación y forestación, al considerar la extensiva eliminación de la vegetación natural y el intenso uso agropecuario de la zona que atraviesa. En función de ello, debe asegurarse su preservación en los planes de ordenación local que se realicen.

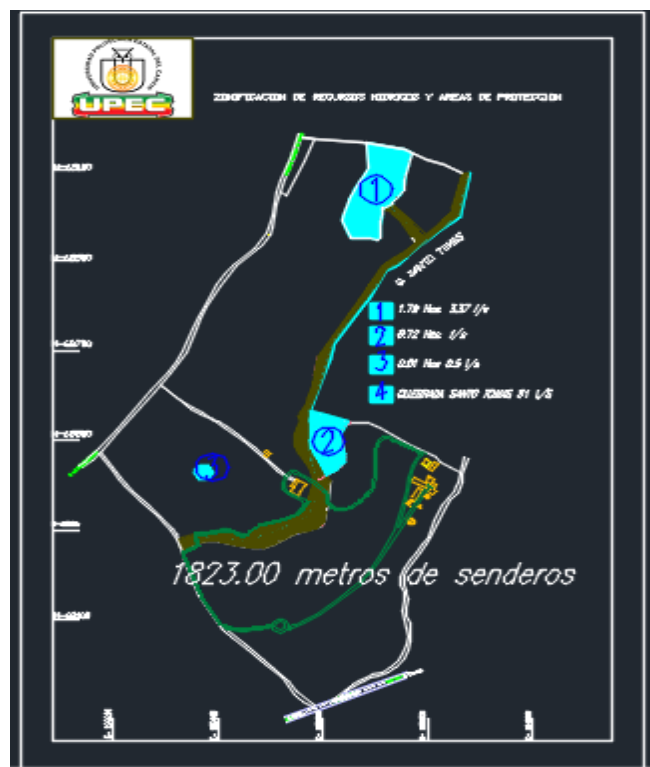


Figura 4. Ubicación de recursos hídricos, áreas de protección e infraestructura de la Finca Experimental San Francisco

Tipos de suelos

En la finca experimental, los suelos de texturas gruesas facilitan la rápida infiltración de la lluvia, evitando surcos y cárcavas, pero aún puede presumirse erosión superficial. En

la Tabla 5 se muestra que 66,7% de los suelos son Francos y el resto Franco arcillo arenoso y Franco arenoso. La distribución los bloques en la finca en los que se realizó el análisis de textura se aprecia en la figura 5.

La densidad aparente es un buen indicador de ciertas características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración. Los factores que afectan la densidad aparente de los suelos son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. Suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores que los suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados los valores son menores que en los suelos compactos. Una textura demasiada arcillosa ocasiona retención de agua y saturación y una textura demasiada arenosa ocasiona pérdidas durante las irrigaciones; por ello los elementos más importantes para determinar las aptitudes agrícolas de una zona dependen de la textura del suelo siendo las más aptas aquellas que poseen suelos: francos arenosos, francos limosos, francos, franco arcilloso con <35% de arcilla, franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso. (SINAGAP, 2012).

Tabla 5
Textura del suelo en la Finca Experimental San Francisco

	Frecuencia	%	% acumulado
Franco	28	66,7	66,7
Franco Arcillo Arenoso	9	21,4	88,1
Franco Arenoso	5	11,9	100,0
Total	42	100,0	

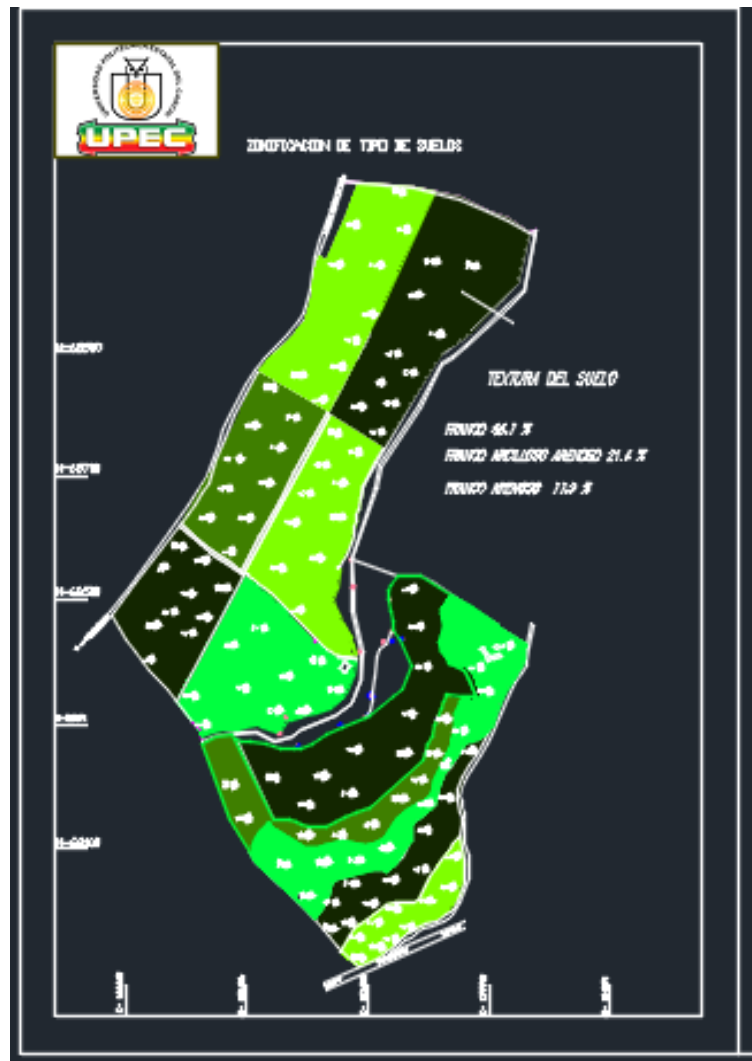


Figura 5. Tipos de Suelos de la Finca Experimental San Francisco

Uso actual de los suelos

Para este estudio la finca se dividió en 20 bloques cuyas áreas están definidas en la Tabla 6. En la actualidad, el bloque 1-18 son pastizales, el bloque 19 se encuentra en los márgenes de la Quebrada San Tomas; en el bloque 20 se ubica la infraestructura y un área que se utiliza para realizar investigaciones por docentes y tesis y es aproximadamente un 10% de la totalidad del área de la finca. Ver figura 6.

En el recurso suelo se ha descuidado la utilización rotativa de sus espacios, la utilización de los residuos vegetales, procesados como abonos orgánicos o como humus a

través de lombricultura, y la explotación está ligada solo a monocultivo (principalmente papa), desperdiciando áreas que pueden servir para fruticultura, forestación, plantas medicinales y textiles. En el bloque 17 se encuentra el establo. Es necesario reducir el negativo impacto de la agricultura sobre los suelos, las aguas y la biodiversidad, además de que mundialmente se ha intensificado la producción ganadera donde el ganado ocupa una tercera parte de la superficie total de los continentes, esta utiliza más de dos terceras partes de las tierras agrícolas. En este momento mundialmente se contabilizan más de 4.300 millones de reses y el 20% de las emisiones de gases relacionadas con el calentamiento global proceden del sector ganadero.

Altieri y Nicholls (2000) plantean la necesidad de hacer una profunda reflexión sobre el papel de la agricultura en el desarrollo económico y en la conservación de los recursos naturales, lo cual adquiere mayor relevancia en el medio altoandino, de valor estratégico por sus recursos de biodiversidad, suelo y agua, y la vulnerabilidad económica de la población. Ellos afirman que la mejor estrategia para la conservación de la agrobiodiversidad alto andina es expandir su cultivo, fomentando la diversificación productiva mediante sistemas agroecológicos.

Dado la alta necesidad de pastizales para la alimentación del ganado y que el 80% de la finca son pastizales; es apropiado citar las diferentes especies que se cultivan en la zona. La ganadería, que se inició con el pasto Holco (*Holcus lanatus*), naturalizado en la zona y de moderado poder alimenticio, sufrió un gran impulso con la introducción del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el lotus (*Lotus corniculatus*) una leguminosa forrajera, ambas especies se adaptaron y se hicieron comunes en los pastizales de Ecuador y varios países de Suramérica desde los años 60's y 70's (Cuitiño 2010). Igual ocurrió algunos años más tarde con el ray grass (*Lolium perenne*).

Desde las últimas dos décadas se han diversificado los pastizales con la introducción de nuevas especies y variedades. Balarezo (2015) encontró en fincas en Tufiño (cantón Tulcán) Kingston, One fifty y Banquete: *Ballica perenne*, pasto azul: *Dactylus glomerata* y Trébol blanco: *Trifolium repens*; mientras que en El Carmelo reporta la predominancia de kikuyo, ray grass y holco, enriquecidos con trébol blanco y lotus. Es interesante revisar el

trabajo de Ramos *et al.* (2002), los cuales hacen un detenido análisis sobre el comportamiento de tres especies forrajeras en suelos de montaña en Ecuador.

Tabla 6
Área de lotes de la Finca Experimental San Francisco

Lote	Área en Has	Lote	Área en Has
1	7,41	12	0,61
2	0,73	13	0,60
3	0,64	14	0,48
4	0,63	15	0,54
5	0,86	16	0,54
6	0,72	17	0,74
7	0,60	18	6,77
8	0,51	19	2,58
9	0,37	Quebrada Santo Tomas	
10	1,51	20	17,02
11	0,99	Camino de ingreso	0,15

Área Total= 45 Hectáreas

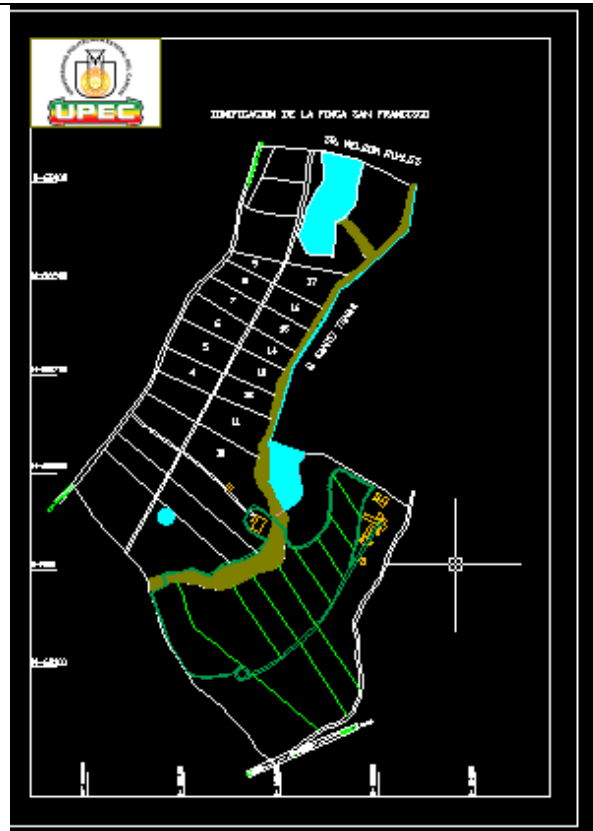


Figura 6. Tipos de Suelos de la Finca Experimental San Francisco

La finca se dividió en 20 bloques cuyas áreas están definidas en la Tabla 6. Del bloque 1-18 son pastizales, el bloque 19 son los márgenes de la Quebrada San Tomas; en el bloque 20 se ubica la infraestructura y un área que se utiliza para realizar investigaciones por docentes y tesis y es aproximadamente un 10% de la totalidad del área de la finca (Ver figura 6).

En el recurso suelo se ha descuidado la utilización rotativa de sus espacios, la utilización de los residuos vegetales, procesados como abonos orgánicos o como humus a través de lombricultura. Y la explotación está ligada solo a monocultivo (principalmente papa), desperdiciando áreas que pueden servir para fruticultura, forestación, plantas medicinales y textiles.

En el bloque 17 se encuentra el establo. Es necesario reducir el negativo impacto de la agricultura sobre los suelos, las aguas y la biodiversidad, además de que mundialmente se ha intensificado la producción ganadera donde el ganado ocupa una tercera parte de la superficie total de los continentes, esta utiliza más de dos terceras partes de las tierras agrícolas. En este momento mundialmente se contabilizan más de 4.300 millones de reses y el 20% de las emisiones de gases relacionadas con el calentamiento global proceden del sector ganadero.

Altieri y Nicholls (2000) plantean la necesidad de hacer una profunda reflexión sobre el papel de la agricultura en el desarrollo económico y en la conservación de los recursos naturales, lo cual adquiere mayor relevancia en el medio altoandino, de valor estratégico por sus recursos de biodiversidad, suelo y agua, y la vulnerabilidad económica de la población. Ellos afirman que la mejor estrategia para la conservación de la agrobiodiversidad alto andina es expandir su cultivo, fomentando la diversificación productiva mediante sistemas agroecológicos.

Dado la alta necesidad de pastizales para la alimentación del ganado y que el 80% de la finca son pastizales; es apropiado citar las diferentes especies que se cultivan en la zona. La ganadería, que se inició con el pasto Holco (*Holcus lanatus*), naturalizado en la zona y de moderado poder alimenticio, sufrió un gran impulso con la introducción del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el lotus (*Lotus corniculatus*) una leguminosa forrajera, ambas

especies se adaptaron y se hicieron comunes en los pastizales de Ecuador y varios países de Suramérica desde los años 60's y 70's (Cuitiño 2010). Igual ocurrió algunos años más tarde con el ray grass (*Lolium perenne*).

Desde las últimas dos décadas se han diversificado los pastizales con la introducción de nuevas especies y variedades. Balarezo (2015) encontró en fincas en Tufiño (cantón Tulcán) Kingston, One fifty y Banquete: *Ballica perenne*, pasto azul: *Dactylus glomerata* y trébol blanco: *Trifolium repens*; mientras que en El Carmelo reporta la predominancia de kikuyo, ray grass y holco, enriquecidos con trébol blanco y lotus. Es interesante revisar el trabajo de Ramos *et al.* (2002), los cuales hacen un detenido análisis sobre el comportamiento de tres especies forrajeras en suelos de montaña en Ecuador.