

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y
DE SISTEMAS**



**CONSTRUCCION DEL MARCO MUESTRAL DE AREA
PARA LA ENCUESTA AGROPECUARIA EN LA REGION
NATURAL SIERRA**

Tesis

Para Optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Eduardo Falla Ruíz

Lima – Perú

2005

INDICE

INDICE	I
DESCRIPTORES TEMATICOS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCION	1
SIG y TD	4
Definición y planteamiento del problema	6
Importancia del tema	7
Objetivos del estudio.....	10
Estructura del documento	10
CAPITULO I MARCO TEORICO.....	12
1.1 Encuestas sobre la Estructura y Producción Agrícola.....	12
1.2 Diseño estadístico de muestras	18
1.3 Introducción a los Sistemas de Información Geográfica	25
1.4 Teledetección.....	38
CAPITULO II ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACION	49
2.1 Historia	49
2.2 Sistema de estadísticas continuas	52
2.3 Recopilación de información	53
2.4 Análisis de las Bases Geográficas existentes	57
CAPITULO III CONSTRUCCIÓN DEL MARCO DE ÁREA	65
3.1 Antecedentes	65
3.2 Productos esperados	67
3.3 Esquema metodológico.....	68

3.4 Etapas del proyecto	72
3.5 Diseño de la muestra	72
3.5.1 Población o Universo	72
3.5.2 Criterios de estratificación de UPM.....	73
3.5.3 Unidades de muestreo	74
3.5.4 Esquema de Muestreo	75
3.5.5 Afijación de la muestra	76
3.5.6 Selección de la muestra	76
3.5.7 Unidad de Análisis	77
3.5.8 Períodos de Referencia	78
3.5.9 Tipo de Segmento	78
3.5.10 Tamaño de la Muestra	78
3.5.11 Método de estimación	79
3.6 Sistema de Información Geográfico	81
3.6.1 Plataforma.....	81
3.6.2 Cartografía base	83
3.6.3 Capas temáticas	85
3.6.4 Base gráfica	86
3.6.5 Base Tabular.....	87
3.6.6 Imagen de satélite.....	87
3.7 Personal, Materiales y equipos.	89
3.7.1 Personal.....	89
3.7.2 Materiales y equipos.	90
3.8 Análisis de Factibilidad.....	93
3.8.1 Análisis Costo/Beneficio.....	93
3.8.2 Factibilidad técnica.....	94
3.8.3 Impacto dentro de la Organización.	95
3.9 Proyecto piloto.	95
3.9.1 Definición de estratos para Huanuco	99
3.9.2 Construcción del Proyecto SIG	99
3.9.3 Determinación de los límites del Marco	99

3.9.4 Construcción de las Unidades Primarias de Muestreo.....	100
3.9.5 Validación de la información en campo.....	101
3.9.6 Consolidar las UPM	102
3.9.7 Trabajo de campo	103
3.9.8 Selección de segmentos	106
3.9.9 Construcción de los SEGMENTOS.....	107
3.9.10 Preparación de material para la encuesta.....	107
3.9.11 Presentación de resultado	109
CAPITULO IV ANALISIS E INTERPRETACION.....	114
4.1 Estrategia del negocio.....	114
4.2 Análisis del Entorno	114
4.3 Análisis Interno: Modelo de la Cadena de Valor	115
4.4 Impacto del proyecto.....	119
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1 Conclusiones	123
5.2 Recomendaciones	125
BIBLIOGRAFIA	126
ANEXOS	128
1. Términos más usados en la descripción de diseños de muestreo	
probabilística	129
2. Tipos de sensores.....	132

DESCRIPTORES TEMATICOS

Estadística agropecuaria

Encuesta agropecuaria

Marcos muestrales

Sistemas de Información Geográfica

Teledetección

Sensores remotos

Sistema de Posicionamiento Global

Cartografía digital

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es la obtención de un marco de referencia para la aplicación de encuestas en un vasto territorio como es la **REGION NATURAL SIERRA** con la máxima precisión posible utilizando los recursos disponibles.

Se aplican técnicas de **TELEDETECCION** y **SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA** para la **CONSTRUCCIÓN DE MARCOS DE ÁREA** como base de una **ENCUESTA AGROPECUARIA**, mejorando sustancialmente las estimaciones, el nivel de desagregación geográfica y la oportunidad de datos con errores de muestreo menores a los actuales y una reducción importante de costos en la realización de las encuestas agrícolas.

La **Dirección General de Información Agraria** del **Ministerio de Agricultura** ejecuta el proyecto **Encuesta Nacional de Producción y Ventas**. La presente tesis describe el desarrollo e implementación de esta metodología.

INTRODUCCION

Con el auge de las economías de mercado en el mundo, se ha hecho mayor la necesidad de información agropecuaria actualizada y confiable para los procesos de toma de decisión tanto a nivel nacional como internacional. En el mundo mucha de la información requerida para el sector agropecuario, tal como estimaciones de la producción agrícola, inventarios de ganado y datos sociales y económicos básicos relacionados con el sector, se obtienen mediante *Encuestas sobre la Estructura y Producción Agrícola*, que son programas periódicos de recolección de un número determinado de datos. El desarrollo de tales programas es un componente fundamental de un Sistema Nacional de Información Agrícola.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: *“Sólo es posible suministrar estadísticas nacionales oportunas y fiables del sector agropecuario de un país mediante el establecimiento de un programa periódico de encuestas nacionales adecuadas basadas en métodos probabilísticos de muestreo”*. En el Perú se dispone de estimaciones periódicas (mensuales trimestrales y anuales). Estas estimaciones no siempre se basan en algún procedimiento que permita un análisis o

evaluación estadística, por lo que no existe una manera de conocer su exactitud.

El Ministerio de Agricultura es el ente rector del Sector Agrario, entre sus actividades se encuentra lo concerniente a evaluar, rediseñar y ejecutar los procedimientos técnicos para modernizar las estadísticas agropecuarias. Es así que la Dirección General de Información Agraria DGIA viene ejecutando el Proyecto Encuesta Nacional Agropecuaria de Producción y Ventas ENAPROVE que da inicio a sus actividades analizando y evaluando las posibles herramientas con la finalidad de introducir una nueva metodología para elaborar las estadísticas agropecuarias.

La finalidad de la ENCUESTA AGRÍCOLA es obtener estimaciones de varias variables de interés para el ámbito geográfico total de la encuesta. La estimación de cada variable para el ámbito de la encuesta es un número que se obtiene mediante un procedimiento estadístico de inferencia basado en los valores de la variable en todas las unidades de información o en una muestra de ellas.

El proyecto ENAPROVE se inició en el año 2001 con el análisis de la situación de la estadística agropecuaria a nivel global y de regiones naturales. Debido a las características del territorio y los sistemas de producción agropecuaria se propone implementar metodologías diferentes para las regiones Costa, Sierra, Selva Alta y Selva Baja. Para la costa utiliza como MARCO MUESTRAL la información generada por el Proyecto de

Titulación de Tierras y Catastro Rural "PETT", que cuenta con información a nivel de valle y parcela catastral. Hasta el año 2003 el ENAPROVE Costa ha levantado encuestas en 33 valles, en la mayoría hasta cuatro rondas. Para la Sierra se desarrolló e implementó una metodología para la construcción de un MARCO MUESTRAL DE ÁREA que se basa en la interpretación visual de las imágenes de satélite, técnica que presenta características deseables para las condiciones de la geografía serrana, por el diseño flexible en su aplicación y que se adecua a la carencia de una cartografía uniforme. La presente tesis trata sobre el desarrollo e implementación de esta metodología.

Si bien es cierto que ya existen modelos aplicados en Estados Unidos, Europa e incluso en algunos países de Latinoamérica, dichos modelos no responden a las características del territorio serrano ni a los sistemas de producción agropecuaria que existentes en él. Es así que la mencionada metodología tiene características de innovación. Esto a sido posible gracias a los avances tecnológicos en materia de SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA y TELEDETECCION.

SIG Y TD

La tecnología del SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA “SIG”¹ proporciona herramientas de gran alcance para el almacenamiento y el análisis de datos espaciales y tabulares, además integra las fuentes de datos en un mismo formato, estructura y mapa.

En esencia, el SIG es un SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS “DBMS”², específicamente diseñado para el tratamiento simultáneo de datos espaciales e información descriptiva asociada. Por lo general, un DBMS proporciona un lenguaje para análisis de datos que permite al usuario describir los mecanismos o métodos utilizados por aquel. Un DBMS debe contar también con procedimientos adecuados para comprobar la coherencia de los datos y mantener su integridad.

Además de gestionar las bases de datos el SIG presenta muchas posibilidades, propias de herramientas de automatización de cartografía y representación gráfica. Sin embargo, además de tener una gran capacidad para la representación gráfica, el SIG debe permitir también el tratamiento de datos descriptivos no gráficos, como la información estadística, conjuntamente con los datos espaciales a los que están relacionados. Por ejemplo, si el usuario modifica los datos espaciales, el SIG deberá introducir

¹ También se le conoce como GIS por sus siglas Geographic Information System

² DBMS, siglas del inglés Data Base Manager System

automáticamente los cambios necesarios en la base de datos estadísticos correspondiente. Para que un sistema pueda considerarse un verdadero SIG, debe tener la capacidad de relacionar esos dos tipos de datos.

Una de las principales fuentes de datos geográficos utilizados por el SIG es la información que se obtiene a través de la TELEDETECCION³.

La TELEDETECCION es la técnica de adquisición de datos de la superficie de la tierra desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética que existe entre la tierra y el sensor. La posibilidad de adquirir información a distancia se basa en lo específico de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Todos los objetos tiene una respuesta espectral propia y además esta combinación espectral es similar a la que presentan otros objetos o superficies de la misma características u homogeneidad. La TELEDETECCION nos permite la identificación de los objetos a partir de las diferencias en la energía reflejada.

Los datos adquiridos a través de la TELEDETECCION se obtienen generalmente en forma de imágenes digitales provenientes de satélite o fotografías aéreas. Después de que estas imágenes se han corregido

³ En este trabajo se utiliza el termino TELEDETECCION, algunos autores utilizan los términos Percepción Remota o Procesamiento de Imágenes con el mismo significado.

geométricamente, ampliado, analizado e interpretado, los resultados pueden ser introducidos en el SIG e integrados con otras bases de datos geográficas.

DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

⁴Conclusiones sobre la situación de las Estadísticas Agrícolas y Pecuarias: 1) El MINAG realiza un programa amplio de investigaciones, cuyas debilidades radican en: El uso de enfoques metodológicos inapropiados; La falta de recursos humanos y materiales; Una estructura orgánico funcional inconveniente; 2) La producción actual de estadísticas no cubre las necesidades prioritarias para la toma de decisiones. 3) Es necesario emprender un programa de ampliación y mejora de las estadísticas agropecuarias de manera integral.

***Nueva estrategia estadística:** Basar el desarrollo estadístico en el uso intenso e integrado de métodos muestrales y de acuerdo a las condiciones específicas de cada región. Esto implica actividades permanentes de generación y actualización de marcos estadísticos de área y lista y directorios de empresas y establecimientos agropecuarios.*

El problema es la generación de **INFORMACIÓN AGROPECUARIA DE CALIDAD**. El caso particular que se plantea en la presente tesis es como

⁴ De la exposición: "Las nuevas estrategias de información agraria" hecha por el Eco. Eduardo Zegarra Méndez, director de la Dirección General de Información Agraria en Lima el 07 de Febrero del 2002

acceder a un vasto territorio como es la Región Natural Sierra con la máxima precisión posible utilizando los recursos disponibles.

IMPORTANCIA DEL TEMA

La agricultura representa alrededor del 9% del total del PBI. La actividad agropecuaria ocupa al 26% de la PEA a nivel nacional, en el ámbito rural es más significativo ya que representa más del 65% de la PEA rural nacional.⁵

Cuadro 1. Importancia del Agro en la Economía Peruana		
	% del Total	Cantidad
Empleo (millones de personas)	31	3.23
PBI (US\$ mill)	9	4,670
Exportaciones (US\$ mill - FOB)	9	643
Importaciones (US\$ mill - CIF)	11	788
Fuente: INEI, Aduanas		

La población rural asciende a 7.1 millones de personas, que equivale a 1.5 millones de familias. La PEA rural se estima en 2.8 millones de personas y existen 5 millones de predios. El 35% de los hogares rurales viven en condiciones de pobreza extrema, un 21% en condiciones de pobreza. El 58.7% de los adultos se ubican en la franja de analfabetos o con educación

⁵ Según datos del INEI UBIGEO 2003, III CENAGRO 1999, ENAHO 1997-IV

promedio de estudios de 4.5 años, El 10% de los jefes de los hogares rurales tienen secundaria completa y un 18% no tiene ningún nivel educativo. La tasa de mortalidad infantil es del 71 por mil de los nacidos vivos. El 46.9% de los hogares rurales no tiene servicios de alcantarillado. El 79% no cuenta con energía eléctrica, 24% no tienen radio y el 95% no tienen televisión.

Cuadro 2.			
Importancia del Sector Rural en la lucha contra la pobreza			
	1995	1997	2000
Pobreza total, rural	59.8	66.3	70.0
Pobreza extrema, rural	38.4	41.5	35.6
Perú, pobreza total	45.3	42.7	48.4
Perú, pobreza extrema	19.3	18.2	15.0
Pobreza total, urbana	37.4	293.7	36.9
Pobreza extrema, urbana	8.9	5.3	4.1
Fuente INEI. Nuevas Estimaciones de la pobreza en el Perú 1997-2000			

Precisamente, la importancia de contar con herramientas como el MARCO MUESTRAL DE ÁREA que ayuden a la generación de INFORMACIÓN AGROPECUARIA DE CALIDAD, esta directamente relacionado con el número de familias que dependen de esta actividad para subsistir. En este sentido la región natural sierra representa para el sector agropecuario⁶ el 61.58% de la superficie agropecuaria. El 19% de la superficie agrícola, el

⁶ Según datos del Ministerio de Agricultura, Dirección General de información Agraria.

98.81% de los pastos naturales, 66.96% de las unidades agropecuarias y el 58.45% del número de parcelas.

Ha sido un reto el acceder a un universo tan particular como la sierra peruana, que presenta una topografía abrupta⁷, conformada por diferentes pisos ecológicos⁸, en estas condiciones no es posible generalizar procedimientos.

El desarrollo de tecnologías como los SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, que permiten el almacenamiento, administración y análisis de cantidades muy importantes de información, posibilitan un mejor manejo y análisis de muchos y muy variados tipos de datos.

Es así que, los SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA integrados a la TELEDETECCION y MODELOS ESTADÍSTICOS, contribuye de manera muy importante a la obtención, integración y manejo de información en forma objetiva, precisa, dinámica y rápida. Por tal motivo, es una herramienta moderna de gran utilidad en los procesos y sistemas de diagnóstico, planificación y toma de decisiones en actividades políticas, comerciales, productivas, y científicas, de organismos y empresas públicas y privadas.

⁷ Topografía abrupta: forma del terreno accidentada, en donde el acceso es difícil.

⁸ Piso ecologico:

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Objetivo General:

1. Construir el MARCO MUESTRAL DE ÁREA para la aplicación la Encuesta Nacional Agropecuaria sobre Producción y Ventas en la región natural sierra.

Objetivos específicos:

1. Obtener para la región natural sierra toda la información cartográfica y de otra índole disponible, para determinar a través de ella una metodología para construir el MARCO MUESTRAL DE ÁREA.
2. Probar y mostrar los resultados de la experiencia metodológica en la utilización de la misma. Mediante su implementación en el departamento de Huanuco.

ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

La siguiente es la descripción de como esta formado el documento:

CAPITULO I. MARCO TEORICO. En esta sección se presenta en forma general los fundamentos teóricos en que se basa la presente tesis: Las Encuestas sobre la Estructura y Producción Agrícola, El Diseño estadístico de muestras, Los Sistemas de Información Geográfica y La Teledetección.

CAPITULO II. ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACION. Se refiere al actual Sistema de Información del Sector Agropecuario y a sus metodologías de recopilación de la información. Además se hace un análisis de las fuentes de información cartográfica del país.

CAPITULO III. CONSTRUCCIÓN DEL MARCO DE ÁREA. En este capítulo se describe la aplicación de la metodología del estudio, que incluye el flujo de información y los procesos que se desarrollan en las áreas de Diseño de la Muestra, Cartografía y Campo.

CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION. En este capítulo se hace uso de herramientas de Análisis del Planeamiento Estratégico, para evaluar los resultados de la aplicación metodología.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 ENCUESTAS SOBRE LA ESTRUCTURA Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Para establecer un programa de encuestas sobre la estructura y producción agrícola, es indispensable examinar previamente las estimaciones de que se dispone y el estado de los conocimientos⁹.

Además se debe tener en cuenta: la capacidad de los productores para proporcionar datos exactos, la capacidad del personal para organizar y realizar el programa de encuestas, el reconocimiento de que las necesidades de los usuarios de los datos son prioritarios.

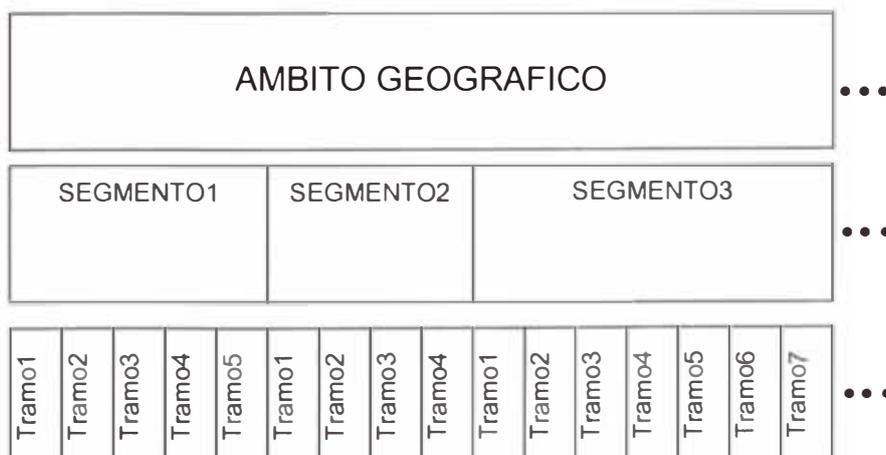
⁹ Datos tales como: productos agrícolas más importantes, la producción total de ellos, la distribución geográfica de las explotaciones agrícolas y pecuarias, sus tamaños medios, máximos y mínimos, número de productores, métodos de cultivos, calendario agrícola, condiciones climáticas comunes, canales de comercialización, tipos de materiales cartográficos con que se cuenta.

La finalidad de la encuesta agrícola es obtener estimaciones de varias variables de interés para el ámbito geográfico total de la encuesta.

El ámbito geográfico de la encuesta será la totalidad del país, un departamento, una provincia o un distrito determinado.

La unidad de información de una variable es aquella en que fue recogida. Cada variable de la encuesta debe estar bien definida sobre el conjunto de unidades de información. El tipo más corriente de unidad de información es la explotación agrícola. Para una determinada variable de las encuestas, la unidad de información puede ser una superficie llamada *tramo*, como se indica a continuación.

Para las encuestas agrícolas es conveniente considerar todo el ámbito geográfico que es objeto de la encuesta como subdividido por completo en áreas no superpuestas llamadas segmentos y cada segmento subdividido en *tramos* separados.



Todas las variables de la encuesta referidas se definen en las explotaciones, es decir, que pueden conocerse el valor de la variable para cada explotación. No obstante, algunas de las variables de la encuesta pueden definirse también sobre los tramos, por ejemplo en el caso de la superficie dedicada a un cierto cultivo.

Para las encuestas agrícolas, el valor de una variable debe definirse para cada explotación del ámbito geográfico de la encuesta o debe definirse para cada tramo del ámbito geográfico de la encuesta.

Tipos básicos de encuestas sobre la estructura y producción agrícola

Como ya se ha dicho, para las encuestas agrícolas debe establecerse un procedimiento estadístico de inferencia que permita estimar el valor de cada variable para la totalidad del ámbito geográfico de la encuesta a partir de los valores de la variable en todas las unidades de información (explotaciones o tramos) o en una muestra de ellas. En consecuencia, las encuestas agrícolas pueden clasificarse en censos o encuesta por muestreo.

Un **Censo Agrícola** es una encuesta en la que el valor de cada variable para la totalidad del ámbito geográfico de la encuesta se obtiene a partir de los valores de la variable en todas las unidades de información, que son por lo común las explotaciones agrícolas. El

objetivo principal de los censos agrícolas es proporcionar una clasificación detallada de la estructura agrícola del país.

Una **Encuesta Agrícola por muestreo** es una encuesta agrícola cuyo procedimiento estadístico de inferencia para estimar cada variable para la totalidad del ámbito geográfico de la encuesta se basa en los valores de la variable obtenidos de una muestra de unidades de información de una muestra. Una encuesta agrícola por muestreo suele realizarse para estimar de manera periódica el desempeño de la estructura agrícola.

Una encuesta agrícola por muestreo cuyo procedimiento de inferencia para obtener las estimaciones de las variables de la encuesta se basa en métodos probabilísticas de muestreo y estimaciones se denomina **Encuesta por Muestreo Probabilístico** designación propuesta por Deming¹⁰. En una encuesta por muestreo probabilístico, es posible establecer la precisión estadística de las estimaciones.

Inversamente una encuesta agrícola por muestreo cuyo procedimiento de inferencia para obtener las estimaciones de las variables no se basa en métodos probabilísticos de muestreo y estimación se denomina **Encuesta por Muestreo No Probabilístico o Subjetiva**.

¹⁰ W Edward Deming, en 1950 dictó en Japón una serie de conferencias sobre técnicas para el control estadístico de procesos, entre ellas **Encuesta por Muestreo Probabilístico**.

Encuestas por muestreo probabilístico

Las encuestas agrícolas por muestreo que utilizan métodos probabilísticos de muestreo que permiten calcular la precisión estadística se denominan encuestas por muestreo probabilístico. En tales encuestas, la precisión estadística de las estimaciones tiene un significado matemático preciso.

La planificación de una encuesta agrícola por muestreo probabilístico requiere las siguientes especificaciones adicionales para definir el modelo probabilístico en que se basan las estimaciones de las variables para el ámbito geográfico total de la encuesta a partir de la muestra seleccionado.

- La población de la encuesta (o población objeto de la muestra), que es el conjunto de unidades de las que se seleccionarán las muestras, llamadas unidades muestrales. Las unidades muestrales pueden ser distintas de las unidades de información de las variables de la encuesta, que son las explotaciones o los tramos del ámbito geográfico de la encuesta. Las unidades muestrales mas corrientemente utilizadas son las explotaciones, o bien los segmentos, que son áreas de terreno.
- Un procedimiento probabilístico de selección tal que cada posible muestra de determinado tamaño de unidades muestrales tenga asignada una probabilidad no nula de selección.

- Reglas de asociación entre las unidades muestrales y las unidades de información. Una unidad muestral debe estar asociada con una y solo una unidad de información, o bien debe haber una regla conocida para asociar cada unidad muestral con un grupo de unidades de información.
- Las variables de la encuesta deben definirse en cada unidad de muestreo en función de sus valores en el grupo de unidades de información asociadas.
- Un estimador de una determinada variable de la encuesta es una variable aleatoria: una función numérica definida para cada posible muestra de unidades muestrales. El valor del estimador para la muestra seleccionada proporciona la estimación de la variable de la encuesta se basa en los valores de la variable en una muestra de unidades muestrales asociadas con las unidades de información de las variables.
- La varianza de los estimadores mencionados, que son también variables aleatorias, proporciona la precisión de las estimaciones de la encuesta. Para una determinada variable, el valor de la varianza de la correspondiente variable aleatoria para la muestra seleccionada suministra el error de muestreo de la estimación. Deberá establecerse el nivel de exactitud o grado de precisión deseado de las estimaciones.

- La población objetivo de una encuesta es la población que se desea encuestar: en función de las limitaciones de orden práctico, la población de la encuesta, que es la población que se muestrea y para la cual las inferencias son válidas para obtener las estimaciones de la encuesta, puede no coincidir con la población objetivo.

1.2 DISEÑO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS

El diseño de la muestra de una encuesta consiste en las técnicas para la selección de una muestra probabilística y los métodos para obtener las estimaciones de las variables de la encuesta a partir de la muestra seleccionada.

Los diseños muestrales abarcan, pues, diferentes tipos de unidades muestrales, reglas para asignar probabilidades de selección de unidades muestrales, fracciones muestrales, procedimientos posibles de estratificación y conglomeración y diferentes tipos de métodos de estimación. Algunos diseños de muestreo constan de varias etapas de selección, en cuyo caso, para cada etapa de muestreo, tiene que establecerse las unidades muestrales, las probabilidades de selección y los métodos de muestreo, para obtener las estimaciones finales de la encuesta.

Para una determinada etapa de muestreo de un diseño de muestreo probabilístico, el marco de la muestra es el conjunto de todas las unidades muestrales con sus respectivas probabilidades de selección, es decir la lista de unidades de muestreo a partir de la cual se selecciona la muestra, junto con sus probabilidades de selección. El marco es necesario, y ha de construirse para cada etapa de muestreo, debiendo asignarse a cada unidad muestral del marco una probabilidad de selección que no sea nula.

El diseño general de la muestra, en una encuesta por muestreo probabilístico, se refiere a definir, los métodos y procedimientos establecidos respecto de todas las fases necesarias para la realización de la encuesta, a saber:

1. diseño de la muestra,
2. selección y formación del personal,
3. logística imprescindible para organizar al personal de campo
4. distribuir y recibir los cuestionarios y formularios de la encuesta,
5. procedimientos para la recolección, procesamiento y análisis de los datos.

Marcos de Muestreo.

Hay dos tipos básicos de marcos de muestreo utilizados para la última fase de selección de una encuesta agrícola por muestreo probabilístico: marcos de áreas y marcos de lista.

Las unidades muestrales de un marco de áreas son áreas de terreno llamadas segmentos, y la probabilidad de selección de cada segmento es proporcional a su superficie. Las unidades muestrales de un marco de lista suelen ser las explotaciones agrícolas o las direcciones de los productores.

Por consiguiente, existen dos tipos básicos de diseños de muestreo en función de la unidad muestral de la última etapa y de las reglas para asignar sus probabilidades de selección, a saber: diseños de muestreo de áreas y diseño de muestreo de lista, también llamados encuestas por muestreo con marcos de área y encuestas por muestreo con marco de lista.

Encuestas por Muestreo Probabilístico con Marcos de Áreas

Una encuesta por muestreo de áreas es una encuesta por muestreo probabilístico en la que las unidades muestrales de la etapa final de selección son áreas de terreno llamadas segmentos, y las correspondientes probabilidades de selección son proporcionales a sus superficies.

Las medidas de tamaño utilizadas para seleccionar los segmentos (unidades muestrales) se definen en función de su superficie. El tipo usual de medida de tamaño es la superficie total.

Los segmentos no deben solaparse y deben cubrir la totalidad del ámbito geográfico de la encuesta. El término segmento se utiliza también para designar el terreno asociado a la unidad muestral o también el grupo de unidades de información asociadas al terreno.

Tipos de segmentos utilizados:

- i. Segmentos con límites físicos reconocibles y permanentes, es decir elementos físicos del terreno como carreteras, ríos, canales, líneas férreas. Que se ven fácilmente y permiten una identificación inequívoca del segmento.
- ii. Segmentos cuadrados o rectangulares, es decir segmentos definidos por líneas rectas que se cortan en ángulo recto en puntos establecidos por coordenadas geográficas en mapas; en este caso, se utilizan procedimientos de muestreo con cuadrículas;
- iii. Segmentos que coinciden con la tierra de las explotaciones agrícolas; en este caso se utilizan procedimientos de muestreo por puntos.

Estratificación de diseños de muestreo de áreas.

La mayoría de las encuestas basadas en muestreo de áreas consideran una subdivisión del marco en estratos definidos en función

del uso de la tierra. Los límites de los estratos deben ser elementos físicos del terreno que puedan localizarse en el mismo.

Los estratos de uso de la tierra se definen por la proporción de tierra cultivada, el predominio de ciertos cultivos, prácticas agrícolas especiales, el tamaño medio de los campos cultivados, las superficies agrarias urbanas u otras características del aprovechamiento de la tierra. A menos que se especifique lo contrario, al hablar de muestras de áreas la palabra estrato se utilizará para referirse a los estratos definidos en función del uso de la tierra.

La mayoría de las encuestas basadas en muestras de áreas utilizan métodos de selección de muestras replicadas dentro de sub estratos (zonas) de los estratos, cada uno con igual número de segmentos. Se obtiene así una estratificación adicional que se aplica para mejorar la eficiencia del diseño.

Diseños de muestreo de áreas con segmentos dotados de límites físicos reconocibles y permanentes

Un diseño de muestreo de este tipo clásico considera segmentos de tamaño casi igual en cada estrato de uso de la tierra. El diseño estadístico de muestreo de áreas suele consistir en un diseño estratificado en dos etapas de selección que utiliza un procedimiento de selección aleatoria replicada de la muestra. También se han utilizado diseños estratificados de una sola etapa con un procedimiento de

selección sistemática replicada de la muestra. En los diseños se utilizan asimismo tres etapas de muestreo en algunos estratos especiales.

Cada estrato se subdivide completamente en UNIDADES PRIMARIAS DE MUESTREO "UPM" no solapadas¹¹, que son áreas con límites físicos reconocibles formadas por grupos de segmentos. La medida del tamaño asignada a cada UPM es igual al número de segmentos que contiene. Dentro de cada estrato, se ordenan las UPM por similitud y después se seleccionan con una probabilidad proporcional a la medida del tamaño. A continuación dentro de una UPM seleccionada, se seleccionan los segmentos con igual probabilidad.

Las UPM definidas de esta manera pueden formarse rápidamente y proporcionan un medio para identificar y contar todos los segmentos de cada estrato y del marco total sin cartografiar de hecho cada segmento.

Una vez definidas las UPM y medidas sus superficies, se conocerá el tamaño exacto (número de segmentos asignados) de cada estrato y del marco total. Se ordenan las UPM por orden creciente de similitud de características agrícolas, lo que asegurará también una distribución geográfica de la muestra. En cada estrato las UPM facilitan la ubicación de la muestra de segmentos seleccionada utilizando una selección

¹¹ No solapadas; no debe haber superposición de áreas, de lo contrario se estaría midiendo una porción de terreno dos veces.

sistemática o aleatoria de segmentos con igual probabilidad de selección (IPS). Para identificar un segmento seleccionado sólo se precisa dividir la correspondiente UPM en un número de segmentos igual a su número asignado de segmentos.

Para los diseños de muestreo de áreas de una sola etapa, las UPM antes definidas se denominan también unidades de conteo, y se construyen también para calcular el tamaño de cada estrato y del marco total, introducir una estratificación adicional dada por su orden, evitar la cartografía de cada segmento y facilitar el muestreo probabilístico de segmentos. Para simplificar la notación, en cualquier caso las unidades de conteo (o unidades de marco) se llamarán UPM.

En el muestreo de áreas, en la práctica, la lista ordenada de las UPM dentro de cada estrato, con sus medidas asignadas de tamaño (que son el número de segmentos asignados en cada UPM) se denominan marco de muestra de áreas, incluso para los diseños de muestreo de áreas de una sola etapa. Como queda dicho, el marco de los UPM permite seleccionar la muestra probabilística sin hacer realmente la lista de todos los segmentos.

Métodos de estimación

En un diseño de muestreo de áreas de este tipo, es indispensable distinguir entre la unidad muestral (segmento) y la unidad de

información (explotación o tramo) de cada variable para definir el estimador correspondiente.

Como una determinada variable de la encuesta se define en las unidades de información (explotaciones o tramos) y las unidades muestrales son los segmentos, para poder definir el estimador hay que establecer reglas que definan el valor de la variable en cada segmento en función de sus valores en el grupo de las explotaciones o los tramos asociados.

Procedimientos de recolección de datos

Como se ha explicado la recopilación de datos en el terreno para cada tramo corre a cargo de encuestadores que completan un cuestionario mediante entrevistas personales con el productor agrícola. La recolección de datos, o enumeración, también va acompañada a menudo de la identificación y medida de superficies agrícolas, realizada con la ayuda de una fotografía aérea ampliada (o un mapa o plano a escala) del segmento, que se utiliza para medir las superficies agrícolas.

1.3 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

GEOGRÁFICA

¿Que es un SIG? En general, un *Sistema de Información* consiste en la unión de información y herramientas informáticas (programas) para

su análisis con unos objetivos concretos. En el caso de los SIG, se asume que la información incluye la ubicación espacial o lo que es lo mismo el valor de su posición en el espacio.

La base de un Sistema de Información Geográfica es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diversas variables, o bien capas que representan objetos a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar, en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos incrementando la complejidad del sistema.

Por otro lado las herramientas (programas) para su manejo son muy diferentes, a menudo contradictorias, ya que reflejan diferentes tipos de teorías sobre el espacio procedentes de disciplinas científicas diversas. Por tanto utilizar una determinada herramienta SIG para resolver un problema implica la aplicación de una teoría, una hipótesis, acerca de los datos que manejamos.

Los Sistemas de Información Geográfica se han desarrollado además a partir de la unión de diversos tipos de aplicaciones informáticas:

1. La cartografía automatizada tradicional,
2. Los sistemas de gestión de bases de datos,
3. Las herramientas de análisis digital de imágenes,
4. Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones y

5. Las técnicas de modelado físico.

Por ello tienden a veces a ser considerados un subproducto de las facultades de informática y por lo tanto una herramienta del dominio de los informáticos.

Sin embargo la fuerte carga teórica de los SIG los convierte en un auténtica pesadilla para los informáticos que acaban buscando herramientas SIG muy simples, blandos donde la flexibilidad (y por tanto las decisiones *científicas* que hay que tomar) a la hora de trabajar es mínima.

Por otro lado, para un experto en estas materias (ciencias de la tierra y ambientales) resulta imprescindible, lógicamente, una formación informática sólida. Se ha llegado a considerar a los SIG como un enlace entre la Geografía y la Informática al igual que la Geomorfología enlazaría Geografía y Geología.

Una de las primeras percepciones que se tienen de un SIG son las salidas gráficas a todo color, impresas o en la pantalla de un ordenador. Conviene recordar sin embargo que hay una diferencia fundamental entre los programas de manejo de gráficos y los SIG. En los primeros, lo fundamental es la imagen que vemos, siendo irrelevante como se codifique, en un SIG la imagen es sólo una salida gráfica sin mayor importancia, lo relevante son los datos que se están representando.

Definición de SIG

Se han dado diversas definiciones de Sistema de Información Geográfica. Podríamos considerar, en sentido amplio que un SIG está constituido por:

1. Bases de datos espaciales en las que la realidad se codifica mediante unos modelos de datos específicos.
2. Bases de datos temáticas cuya vinculación con la base de datos cartográfica permite asignar a cada punto, línea o área del territorio unos valores temáticos.
3. Conjunto de herramientas que permiten manejar estas bases de datos de forma útil para diversos propósitos de investigación, docencia o gestión.
4. Conjunto de ordenadores y periféricos de entrada y salida que constituyen el soporte físico del SIG. Estas incluyen tanto el programa de gestión de SIG cómo otros programas de apoyo.

Bases de datos espaciales y temáticos

Uno de los problemas fundamentales en el desarrollo de un proyecto de SIG es, al igual que en el caso de la cartografía tradicional, cómo representar una realidad compleja y continua de forma simplificada y en elementos discretos. El desarrollo de una base de datos espacial conlleva una simplificación de la realidad para adaptarla a un modelo de datos. Existen dos modelos de datos básicos, vectorial y raster.

En el modelo vectorial se considera que la realidad está dividida en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se puede asignar diversas propiedades, cualitativas o cuantitativas. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Los cambios de escala van a suponer en muchos casos que los objetos cambien de un tipo a otro.

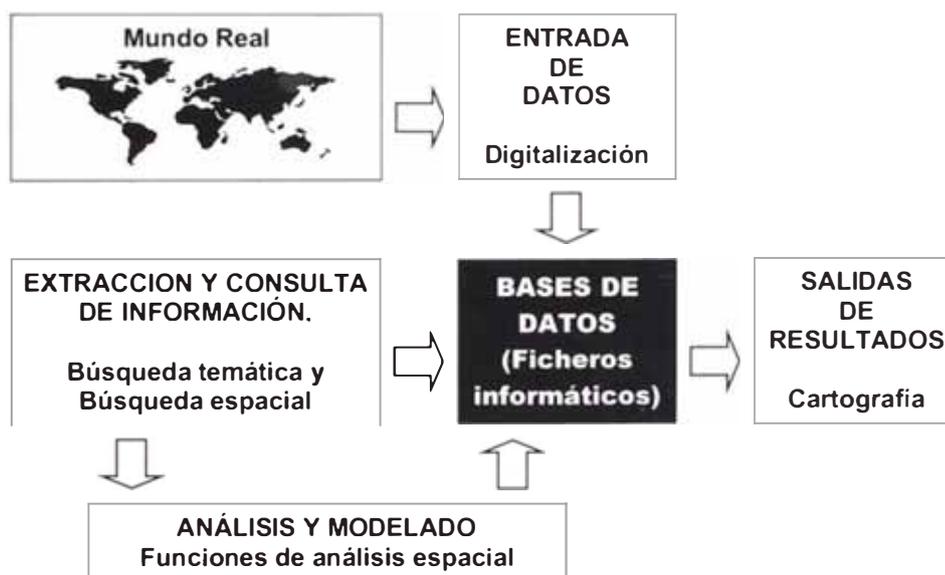
En el modelo raster por el contrario considera la realidad como un continuo en el que las fronteras son la excepción y la regla la variación continua. La representación se realiza dividiendo ese continuo en una serie de celdillas o píxeles y asignándole a cada una un valor para cada una de las variables consideradas. Los cambios de escala van a reflejarse en el tamaño de estas celdillas.

La representación que en la base de datos espacial se haga de la realidad es una de las cuestiones fundamentales ya que condiciona enormemente la estructura de la misma y los modos de trabajo posteriores. Hoy en día sin embargo se tiende a combinar al máximo ambos modelos para conseguir una mayor versatilidad. Existen diversos periféricos de entrada de datos espaciales (tablero digitalizador, escáner o incluso por el teclado). Otra forma importante de entrada de datos es la importación de los mismos desde otros sistemas.

Funciones de los sistemas de información geográfica

Una clasificación de las funciones de un Sistema de Información Geográfica viene determinada por el hecho de que un SIG es, entre otras cosas, un programa de ordenador con unas específicas capacidades que se pueden resumir en los siguientes subsistemas o componentes lógicos según el esquema de sus funciones:

**Figura 1.
FUNCIONES DEL SIG**



Funciones para la entrada de información; Son los procedimientos que permiten convertir la información geográfica del formato analógico, el habitual en el mundo real (en especial en la forma de mapas), al formato digital que puede manejar el ordenador. Esta conversión se debe realizar manteniendo todas las características iniciales de los datos espaciales. Por ello, en

este subsistema se incluyen no sólo los mecanismos de entrada propiamente dichos (digitalización o similares), sino también los procedimientos que permiten eliminar errores o redundancias en la información incorporada al Sistema de Información Geográfica. Previamente a la entrada de datos, la información que se va a utilizar se ha debido reunir y preparar para que sea tratada y convertida al formato digital (proceso de obtención de la información).

Funciones de gestión de la información espacial; Con las cuales se extraen de la **base** de datos las porciones que interesan en cada momento, y es posible reorganizar todos los elementos integrados en ella de diversas maneras.

Funciones analíticas; Son el elemento más característico de un Sistema de Información Geográfica. Facilitan el procesamiento de los datos integrados en él de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Estas funciones convierten a un SIG es una "máquina de simulación", equivalente, por ejemplo, a las usadas por los pilotos para el aprendizaje del manejo de aviones; en este caso, son los interesados en la planificación territorial los que podemos obtener una impresión de cuál es el resultado en el territorio, de la convergencia de flujos económicos y decisiones o

actuaciones políticas. Mediante su combinación apropiada se pueden construir los denominados “modelos cartográficos”, los cuales permiten resolver gran número de cuestiones problemáticas de carácter espacial.

Funciones para la salida/representación gráfica y cartográfica de la información; Se refiere a las actividades que sirven para mostrar al usuario los propios datos incorporados en la base de datos del Sistema de Información Geográfica, y los resultados de las operaciones analíticas realizados sobre ellos. Permiten obtener mapas, gráficos, tablas numéricas y otro tipo de resultados en diferentes soportes: papel, pantallas gráficas u otros.

Modelos y estructuras de datos

Cuando se trabaja con tecnologías digitales, por ejemplo los SIG, el usuario no suele tener acceso a la representación digital de los datos, en su lugar se presentan una serie de *vistas estructuradas* de estos (mapas, gráficos, tablas, etc.). Por lo que respecta a la información espacial, existen múltiples formas de representación no siendo ninguna de ellas necesariamente mejor que las demás ya que los objetivos que persiguen los diferentes usuarios de los SIG pueden llegar a ser muy diferentes y, por tanto, necesitar diferentes formas de representación. En este tema se tratará la base teórica de la codificación de los

diferentes elementos y atributos de la superficie terrestre en formato digital para su tratamiento con un programa SIG.

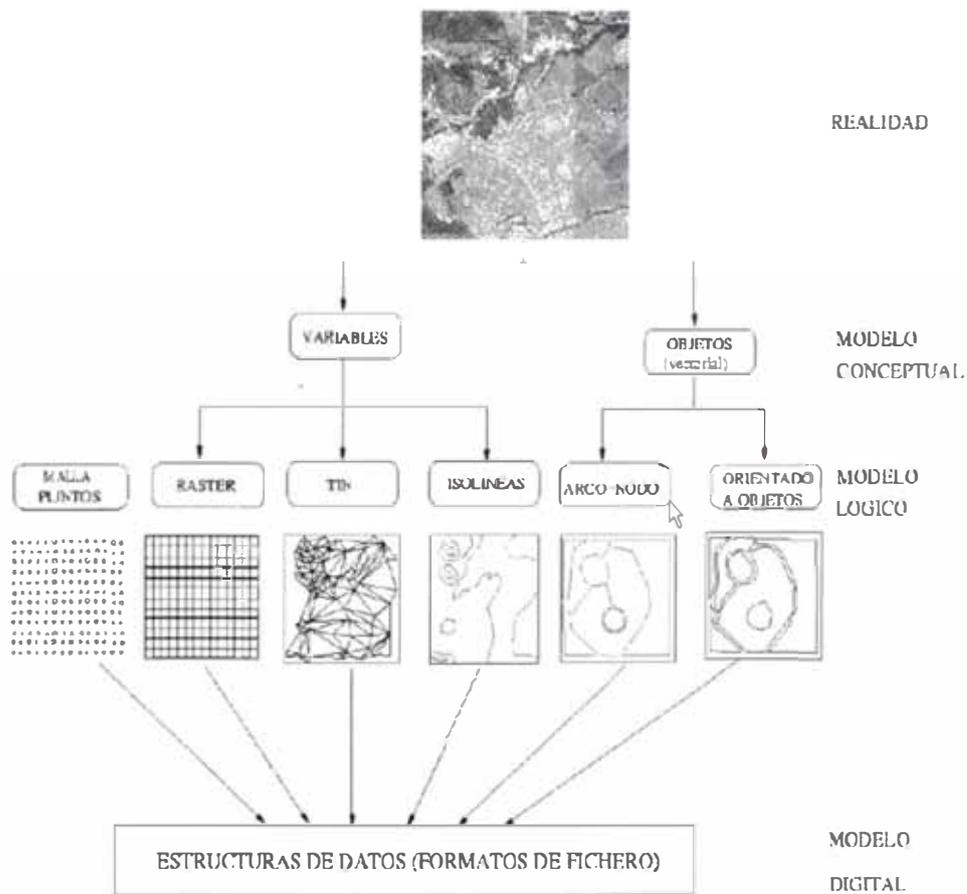
Partiendo de la definición de modelo como representación simplificada de la realidad, que refleja lo fundamental de esta ignorando los detalles accesorios; un modelo de datos sería el conjunto de reglas utilizadas para representar la variedad del mundo real como un conjunto finito de datos discretos y fácilmente manipulables con un ordenador. Pasar de la realidad a una representación o modelo digital supone un gran salto que se entiende mejor si consideramos la existencia de varios niveles de abstracción:

1. Realidad (montañas lagos y campos de cultivo). Nivel propio de los gestores preocupados por problemas de gestión y planificación del espacio.
2. Modelo conceptual (variables y objetos). Nivel de los científicos (geógrafos, geólogos, ecólogos, etc.) que desarrollan, verifican o aplican teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio.
3. Modelo lógico (raster y vectorial). Nivel de los técnicos en SIG que utilizan las herramientas del sistema para llevar a cabo, en el ordenador, las tareas requeridas por gestores o científicos.
4. Modelo digital (estructuras de datos y algoritmos). Nivel de informáticos, y desarrolladores de SIG cuya misión es ampliar

el repertorio de herramientas para cumplir con el máximo número de necesidades.

La comunicación entre unos y otros se hace cada vez más difícil cuanto más alejados se encuentren en la anterior jerarquía, por tanto es necesario la existencia de especialistas de los diferentes niveles para el adecuado desarrollo de un proyecto, al mismo tiempo se requiere un diálogo constante entre los mismos. No obstante suele darse el caso de personas que abarcan varios niveles de esta jerarquía.

Figura 2
NIVELES DE ABSTRACCION DE LA REALIDAD



Objetos

Si consideramos la realidad como una yuxtaposición de *objetos*, cualquier entidad que aparezca en el espacio (casas, carreteras, cordilleras, lagos, etc.) puede modelarse a la escala adecuada como un objeto geométrico extraído de la geometría euclidiana. Pueden ser clasificados por su dimensionalidad en 3 tipos:

-Objetos puntuales. Objetos geométricos de dimensión 0, su localización espacial se representa por un par de coordenadas (X, Y).

-Objetos lineales. Objetos geométricos de dimensión 1, su localización espacial se representa como una sucesión de pares de coordenadas llamados vértices, salvo el primero y el último que se denominan nodos.

-Objetos poligonales. Objetos geométricos de dimensión 2. Se representan como una línea cerrada (modelo Orientado a Objetos) o como una sucesión de líneas denominadas arcos (modelo Arco-Nodo).

El escoger un tipo u otro para representar determinado objeto dependerá en gran manera de la escala y del tipo de abstracción que se pretenda hacer. Así una ciudad puede ser puntual o poligonal y un cauce fluvial lineal o poligonal. Una ciudad sólo tendrá sentido considerarla poligonal en estudios de planificación urbana. Para casi

todas las aplicaciones hidrológicas tiene más sentido representar los cauces como objetos lineales y codificar su anchura y profundidad como propiedades espaciales. Podemos considerar a priori 6 categorías de información que caracterizan a los diferentes objetos geográficos:

1. Identificador. Se trata de una variable cuantitativa que identifica cada objeto dentro de un conjunto de objetos del mismo tipo. El identificador será un valor único y las propiedades de los objetos se almacenarán en una base de datos a la que se accede cada vez que es necesario.

2. Posición. Indica la ubicación del objeto en un espacio, generalmente bidimensional. Implícitamente indica también su dimensión y su forma. De este modo cada tipo de objeto tiene, en función de su número de dimensiones, una serie de propiedades espaciales de tamaño y forma directamente extraíbles de su codificación espacial:

- Los objetos lineales tienen longitud, sinuosidad y orientación.
- Los objetos poligonales tienen área, perímetro, elongación máxima y diversos índices de forma directamente calculables a partir de estas.

- 3. Propiedades espaciales.** Son variables cuantitativas medidas en magnitudes espaciales y que indican algún aspecto de la extensión espacial de los objetos, no representable debido a la escala de trabajo, a tratarse de una magnitud en la tercera dimensión o a la dificultad de representarla por el tipo de abstracción que implica su representación (por ejemplo la profundidad de un cauce).
- 4. Propiedades no espaciales.** Son variables cualitativas o cuantitativas que no tienen nada que ver con el espacio pero que se relacionan con el objeto. Resultan de mediciones simples o de descripciones. Pueden ser constantes o variables en el tiempo. Por ejemplo toda la información relativa a la demografía de un municipio. Existen diversas operaciones que permiten derivar propiedades nuevas a partir de otras ya existentes.
- 5. Relaciones con el entorno.** Todos los objetos geográficos tienen unas relaciones con su entorno, es decir con el resto de los objetos del mismo o distinto tipo que aparecen a su alrededor. Estas relaciones pueden ser de tipo puramente topológico (polígonos vecinos) o de tipo físico (cauces tributarios que se conectan al cauce principal). Pueden codificarse de forma explícita en la base de datos asociada al

objeto o estar implícita en la codificación de su localización espacial. Estas relaciones pueden dar lugar a la creación de tipos compuestos (redes, mapas de polígonos, etc.).

6. Metadatos. Información acerca de la información. Existe metadatos de muy distinto tipo, en algunos casos es imprescindible. Casi todos los sistemas de SIG incorporan metadatos en ficheros de documentación o como cabeceras de los ficheros de datos. Otro tipo de metadatos no imprescindible aunque útil es la relativa al método de obtención de los datos, cuando se obtuvieron, definición de objetos y atributos, calidad de los datos, explicación acerca de los valores que faltan, precisión con que se ha medido, etc. Se han propuesto en los últimos años diversos estándares de metadatos sin que ninguno de ellos haya llegado a imponerse.

1.4 TELEDETECCIÓN.

Fundamentos de la teledetección

Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos situados sobre la

superficie terrestre y un sensor situado en una plataforma (satélite, avión, etc.).

En este caso la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

Radiación solar reflejada por los objetos(luz visible e infrarrojo reflejado)

Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)

Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa.

La radiación (solar reflejada, terrestre o emitida por el sensor y reflejada) que llega de la superficie terrestre y que ha atravesado la atmósfera, es almacenada en formato digital. Una vez recuperados los datos en el centro de control del satélite, permitirán obtener información acerca de la superficie terrestre y de la atmósfera. El tipo de información que se obtiene dependerá de la longitud de onda en la que el sensor capte radiación

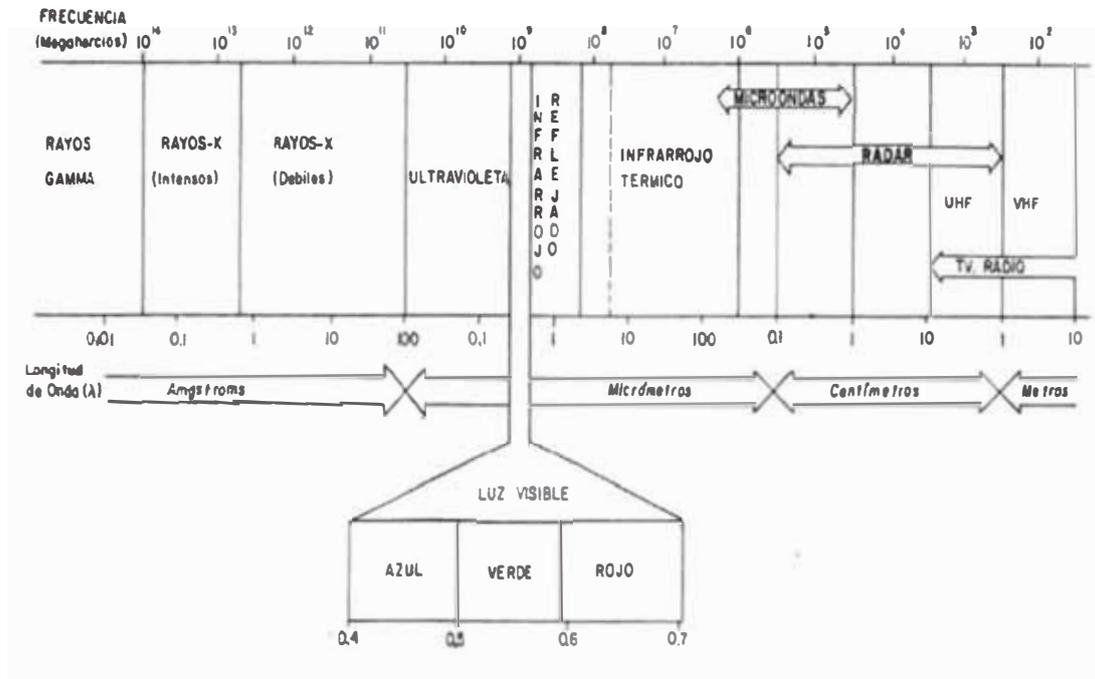
Naturaleza de la radiación

La radiación se propaga mediante ondas que se desplazan por el espacio a la velocidad de la luz. Estas ondas presentan longitudes muy diferentes en función de las características del emisor. Aparecen desde los rayos X y gamma con longitudes de onda menores de 100 Amstrongs hasta las ondas de televisión y radio con longitudes mayores de un metro.

El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. Dentro del espectro electromagnético se distinguen una serie de regiones, las más utilizadas por las diferentes técnicas de teledetección son la luz visible, el infrarrojo reflejado, el infrarrojo térmico y las microondas (radar).

Cualquier objeto en la naturaleza emite radiación y lo hace con diferentes longitudes de onda. La cantidad de energía que emite un cuerpo por radiación como la distribución de esta energía en diferentes longitudes de onda depende fundamentalmente de la temperatura de dicho cuerpo. A mayor temperatura menor longitud de onda. La cantidad de energía emitida es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura.

Figura 3
DIVISION DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



Interacciones entre la radiación y los objetos

Todos los objetos (independientemente de la radiación que emitan) van a recibir radiación, fundamentalmente del sol, que, en función del tipo de objeto que estemos considerando, puede seguir tres caminos:

- reflejarse (la radiación es reenviada de vuelta al espacio)
- absorberse (la radiación pasa a incrementar la energía del objeto)
- transmitirse (la radiación se transmite hacia abajo a otros objetos).

Caracterización de las imágenes de satélite

Un sensor es el dispositivo que reúne la tecnología necesaria para captar imágenes a distancia. Puede captar información para diferentes regiones del espectro y cada una de estas regiones se denomina canal o **banda**.

Una imagen de satélite en estado bruto es un conjunto de archivos digitales, cada uno de ellos corresponde a una banda. Cada archivo digital esta compuesto por píxeles que están organizados en un sistema de filas y columnas pero sin referencia a coordenadas espaciales reales¹².

Las diferentes bandas pueden caracterizarse en función de:

Resolución espacial (tamaño de píxel)

Resolución radiométrica¹³

Tamaño del área captada

¹² Una coordenada real (x,y) es el dato de la posición espacial: latitud y longitud sobre un punto de la superficie terrestre.

¹³ Al recibir la radiación procedente de la superficie terrestre, el sensor almacena un número entero, que es un intervalo de intensidad o **nivel digital** a partir del cual se puede obtener de nuevo la radiación recibida mediante ecuaciones sencillas. El número de niveles de intensidad se denomina **resolución radiométrica**.

Resolución temporal (tiempo que tarda el satélite en tomar dos imágenes del mismo sitio)

Amplitud espectral (región del espectro para la cual capta datos)

La altura a la que se sitúa el satélite y sus movimientos van a condicionar las características geométricas y la resolución temporal de las imágenes que producen.

**Cuadro 3.
CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES SENSORES
UTILIZADOS EN TELEDETECCIÓN**

Sensor	Resolución espacial	Tamaño de imagen	Resolución temporal	Resolución Radiométrica
Meteosat	2500 m	Toda la esfera	0.5 horas	256 ND
NOAA AVHRR	100 m	2700 x 2700 Km	12 horas	1024 ND
Landsat TM	30 m	185x185 Km	16 días	256 ND
SPOT HRV	20 m	60x60 Km	20 días	256 ND
SPOT Vegetation	1150 m	2200x200 Km	1 día	1024 ND
MODIS	250 – 100 m	2330x2330 Km	1 día	1024 ND

Análisis de imágenes de satélite en un SIG

Una imagen de satélite en bruto, tal como normalmente llega al usuario final, consiste en un conjunto de matrices, una por cada canal del sensor, en la que aparecen números del 0 al 255. El cero indica que no llega nada de radiación desde ese punto y el 255 que llega el valor más alto de radiación. Estos valores se denominan **Niveles Digitales** y será necesario transformarlos en algún tipo de variable física.

La primera transformación que se lleva a cabo es su conversión a valores de energía recogida por el sensor. Normalmente a través de una ecuación lineal cuyos parámetros se suministran junto con la imagen. En el Cuadro 6 aparecen los parámetros para las 6 bandas más utilizadas del sensor LANDSAT -TM, junto con la irradiancia solar extraterrestre, cantidad de energía solar que llega al límite de la atmósfera que se utiliza para calcular la reflectividad.

**Cuadro 4.
PARÁMETROS DEL SENSOR LANDSAT TM**

Banda	a0	a1	E0
1 (Azul)	- 6.2	0.768	1970
2 (Verde)	- 6.0	0.818	1843
3 (Rojo)	- 4.5	0.640	1555
4 (Infrarrojo a)	- 4.5	0.635	1047
5 (Infrarrojo b)	1	0.128	227.1
6 (Infrarrojo térmico)			
7 (Infrarrojo c)	-0.35	0.0424	80

Una vez que se dispone de los valores de reflectividad los enfoques habituales en trabajos de teledetección son:

Visualización y composiciones de color

Obtención de variables físicas a partir de los valores de reflectividad

Clasificación de la imagen

Visualización y composiciones de color

Los programas de procesamiento y visualización de imágenes permiten ver los mapas de cada una de las bandas de una imagen de satélite por separado, es decir como una imagen en blanco y negro.

Como el dispositivo de visualización (monitor) obtiene los colores como una combinación de tres colores básicos, hay que indicarle al programa las tres bandas que va a asignar a cada uno de estos tres colores básicos. De este modo podemos utilizar diversas composiciones.

Cuadro 5. COMBINACIÓN DE BANDAS MAS UTILIZADAS POR EL LANDSAT ETM

Color real

- **Banda 1 => Azul**
- **Banda 2 => Verde**
- **Banda 3 => Rojo**

Falso Color

- **Banda 1 => Azul**
- **Banda 2 => Verde**
- **Banda 4 => Rojo**

Composición IGN

- **Banda 1 => Azul**
- **Banda 4 => Verde**
- **Banda 3 => Rojo**

Composiciones para resaltar litología

- **Banda 1 => Azul**
 - **Banda 5 => Verde**
 - **Banda 7 => Rojo**
-

Clasificación de imágenes

La elaboración de una clasificación del área de estudio en una serie de clases relativas a una característica específica de la superficie del

territorio tal como la litología, tipos de vegetación, usos del suelo, etc., es uno de los principales objetivos en teledetección.

Esta clasificación consiste en asignar cada píxel de la imagen a una clase determinada. Puesto que en la práctica no podemos saber con certeza a que clase corresponde cada uno de los píxeles, el problema de la clasificación se convierte en un problema de probabilidad de pertenencia a cada una de las clases de un conjunto, por tanto se suelen usar métodos estadísticos.

El procedimiento de clasificación supone dos fases:

Definición de las clases

- Asignación de cada píxeles del terreno a una clase previamente definidas

Definición de clases

Suponiendo que los datos han pasado ya todo tipo de correcciones de tipo geométrico o atmosférico, existen dos métodos complementarios para afrontar la definición de clases, estos son válidos tanto en imágenes de satélite como en cualquier otro campo.

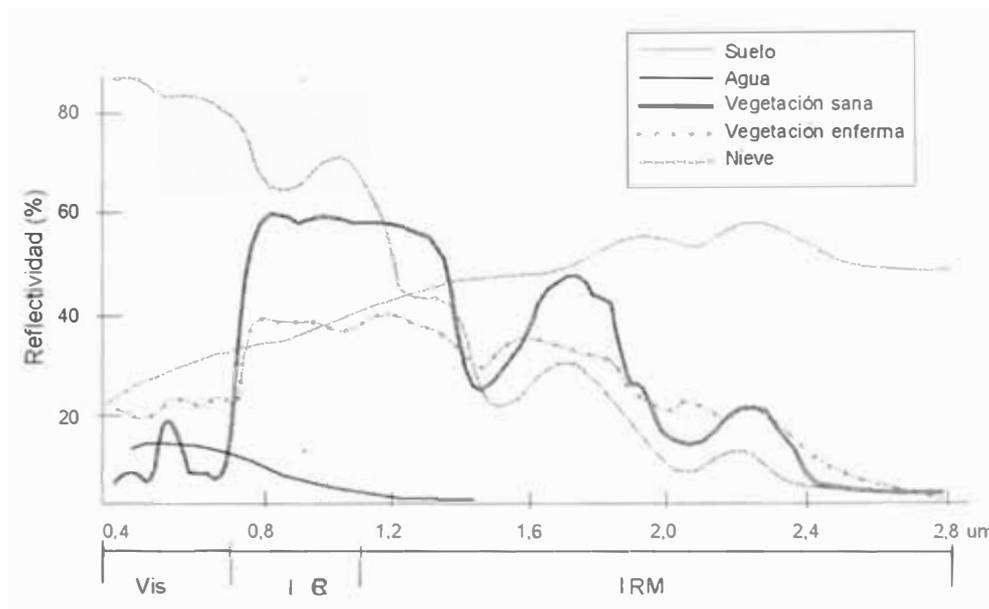
Clasificación supervisada. Se parte de una serie de clases previamente definidas.

Clasificación no supervisada. No se establece ninguna clase a priori, aunque es necesario determinar el número de clases

que queremos establecer, y dejar que las defina un procedimiento automático.

En realidad suelen utilizarse ambos procedimientos ya que son complementarios. La clasificación supervisada utiliza nuestro conocimiento del terreno pero si este conocimiento no es perfecto pueden escaparse cosas que una clasificación no supervisada detectaría.

Figura 4
FIRMA ESPECTRAL PARA DISTINTOS TIPOS DE CUBIERTA



Clasificación no supervisada

En la clasificación no supervisada se utilizan algoritmos matemáticos de clasificación automática. Los más comunes son los algoritmos de clustering que divide el espacio de las variables en una serie de regiones de manera que se minimice la variabilidad interna de los

píxeles incluidos en cada región. Cada región define de este modo una *clase espectral*.

Para realizar una clasificación lo primero es seleccionar las bandas que vamos a incluir. Esto es así porque en algunas circunstancias podemos tener bandas que no queremos incluir en la clasificación.

Es necesario especificar una serie de parámetros que van a afectar al conjunto de clases que se obtengan:

1. Número inicial de clases que van a discriminarse
2. Tamaño mínimo de una agrupación
3. Distancia mínima entre agrupaciones
4. Tanto por ciento de área cubierta por el conjunto de clases
5. Máximo número de iteraciones
6. Intervalo de muestreo en filas y columnas.

Finalmente creará un archivo que contiene la imagen clasificada.

Clasificación supervisada

En la clasificación supervisada se seleccionan áreas de entrenamiento. Se trata de áreas de las que se conoce a priori la clase a la que pertenecen y que servirán para generar una signatura espectral característica de cada una de las clases. Se denominan *clases informacionales*. Para ello se debe identificar las *áreas de entrenamiento* sobre la imagen.

CAPITULO II

ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACION

2.1 HISTORIA

El desarrollo de las estadísticas agropecuarias en el Perú se inicia en diferentes organismos como una actividad complementaria, entre ellas el Ministerio de Fomento y Obras Públicas, y la Compañía del Guano.

Al crearse el Ministerio de Agricultura en 1942 se activa una división especializada en captar la información estadística, con procedimientos muy básicos y empleando una mínima cartografía; el año 1961 se levanta el Primer Censo Nacional Agropecuario (I CENAGRO) por la Dirección Nacional de Estadísticas y Censos, dependencia del Instituto Nacional de Planificación.

La etapa moderna de la estadística agropecuaria se inicia en 1963, cuando el Ministerio de Agricultura y la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, firman un convenio de cooperación para el mejoramiento de las estadísticas agropecuarias, denominado Convenio de Estadística y Cartografía (CONESTCAR), este nuevo organismo replantea los

conceptos tradicionales e introduce nuevos métodos, con la finalidad de modernizar las estadísticas agropecuarias, usando sistemas y modelos que permitan abreviar el trabajo de encuestas y su respectivo procesamiento, por ende un menor costo de operación, con resultados más rápidos. El primer trabajo desarrollado bajo esta nueva concepción se le denomina Muestreo Agropecuario Nacional (MAN1), que utiliza la base estadística generada por el Primer Censo Nacional Agropecuario de 1961 (I CENAGRO), los resultados aunque muy generales fueron publicados a nivel de regiones naturales; esta investigación demostró la precariedad en el levantamiento del I CENAGRO, las unidades agropecuarias censadas no fueron ubicadas en los documentos cartográficos, según lo indicaba los procedimientos censales, ni respetaban el orden preestablecido en la sectorización.

Considerando los resultados del MAN1, se decide utilizar una nueva técnica para la estadística agrícola y pecuaria, para esa fecha (1964) era totalmente nueva en el Perú y con ella se introducía en América Latina, este procedimiento que había sido desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica, se le denomina Muestreo de Área, con una metodología simple en su concepción, tenía varias etapas, la actividad preliminar era la construcción de un marco estadístico denominado en este caso *Marco de Área*; el Muestreo de Área fue un trabajo inconcluso, no se realizó toda la toma de información en campo, ni se publicaron los resultados preliminares, lo rescatable de esta investigación es que

demonstró la viabilidad de construir el marco estadístico, con información captada por un sensor remoto pasivo (la fotografía aérea) y con validez real ya que se identificaba la superficie agrícola total, pastos naturales y otros por interpretación de la fotografía aérea, se medía estos estratos, se complementaba la información con la posibilidad de enmarcar los ámbitos al nivel que se requiera, sea este por región natural, por departamento político u otro que requiera el Sector Agrario, esta demostración de las posibilidades del manejo cartográfico con sensores remotos pasivos aplicados a la estadística agropecuaria, fue un avance sustancial para una geografía tan complicada como la peruana, entre ellas la sierra.

A partir de estas experiencias de la década del 60, se han realizado una serie de estudios y probado variados métodos estadísticos, que han enfrentado el problema y tratado de resolverlo técnicamente, teniendo en mente dos conceptos determinantes: **QUE SEAN CONFIABLES Y OPORTUNAS**; algunos métodos fueron la mezcla de los anteriores y captaron las partes viables de uno y otro, el más elaborado y decantado fue El Sistema Nacional de Estadísticas Alimentarias (SINEA) del año 1975, que hizo un diagnóstico más acucioso. El proyecto fue desactivado con la desaparición del Ministerio de Alimentación, pero esclareció que la estadística agropecuaria requiere como piedra angular la construcción de un **MARCO**

ESTADÍSTICO COMO BASE DE TODA LA INVESTIGACIÓN, tarea nada fácil para una geografía como la del Perú.

En la actualidad la institución encargada de generar información estadística agropecuaria es la ***Dirección General de Información Agraria “DGIA”***, para ello cuenta con un Sistema de Estadística Continua y más recientemente con la Encuesta Nacional Agropecuaria “ENAPROVE”.

2.2 SISTEMA DE ESTADÍSTICAS CONTINUAS

La base del sistema de información tanto en el acopio como en la difusión de información para los productores rurales, son las Agencias Agrarias. Los diagnósticos previos¹⁴ realizados sobre el trabajo de las Agencias coinciden en que un alto porcentaje de estas se encuentran en un estado crítico por falta de personal e infraestructura de

¹⁴ Consultorías:

Diagnóstico base para el Sistema de Información Agraria. Ing. Luis Masías Echeagaray. Julio del 2001.

Diagnóstico de Procedimientos de Acopio de Datos en el Sistema de Estadísticas del Ministerio de Agricultura. Ing. Agr. Tirso R. Causillas Agosto de 2001.

operaciones adecuado. Es por ello que han sido declaradas en reorganización.

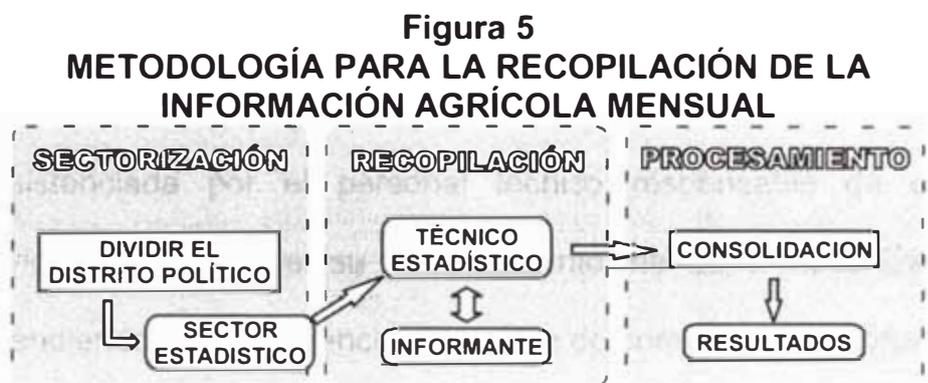
Este deterioro de las Agencias Agrarias es uno de los factores que ha contribuido a que el acopio de datos sobre los procesos productivos, función principal de las actividades de información, contenga errores calificados de muy graves. En muchas Agencias por la falta de recursos los datos son simples estimaciones hechas por los técnicos o los informantes calificados sobre cifras de años anteriores o del Censo Agropecuario de 1994. Se ha demostrado que las estadísticas no reflejan el estado real de lo que acontece en el sector. Así la pregunta sobre los riesgos de error en la toma de decisiones sobre los procesos productivos, no tiene respuesta. Los riesgos de error pueden ser muy altos y costosos cuando se trata de definir políticas y estrategias para el sector.

2.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La DGIA ¹⁵ cuenta con una Metodología para la recopilación de información agrícola mensual, mediante estimación de las variables productivas en sectores estadísticos. El fundamento de esta

¹⁵ Dirección General de Información Agraria, del Ministerio de Agricultura.

metodología se desarrolla en tres pilares: la sectorización, la recopilación y el procesamiento de la información. Figura 5.



La sectorización, divide al territorio nacional desde nivel de distrito político, en áreas perfectamente definidas llamados sectores estadísticos. Los documentos cartográficos son indispensables durante todo el proceso, en las etapas de acopio y procesamiento permitiendo tener un conocimiento gráfico de cobertura de la información recopilada.

Recopilación de la información, una vez determinados, identificados e inventariados los sectores estadísticos en los niveles administrativos correspondientes, se produce la obtención de la información.

Se obtiene la información con la participación del técnico estadístico y el informante, actores de cuya destreza depende la calidad de la información. La recopilación se inicia en el sector estadístico, siendo consolidada en orden ascendente y por cultivos,

a nivel de distrito político, de sede o agencia, de región agraria y a nivel nacional.

Procesamiento de la información, para consolidar la información recopilada en cada uno de los niveles, tiene que ser previamente consistenciada por el personal técnico responsable de esta actividad, pudiendo ser su procesamiento manual o mecanizado, dependiendo de la existencia de equipo de computo y del software correspondiente, así como también del volumen de la información a procesar en cada una de las instancias administrativas.

Los procesos de acopio de información de producción realizado por algunas Agencias Agrarias son deficientes. La metodología de recopilación de información no se está aplicando. Los técnicos no salen al campo a comprobar la información recibida por falta de recurso. Muchos de los técnicos elaboran sus informes haciendo una estimación estadística que puede tomar como base el censo agropecuario de 1994. En otros casos, el ajuste o estimación de los técnicos está basado en su experiencia.

En Agencias de la sierra sobre todo, se recurre al método de los informantes calificados, que por lo general son autoridades locales. Este método tiene un alto riesgo de distorsión, por el factor de subjetividad del informante y por su falta de preparación. En cualquier caso, el técnico de la Agencia corrige la información cuando los datos

no coinciden con su apreciación personal justificada por experiencia. Para el caso de las Juntas de Riego en la Costa, los informantes son las autoridades de estas Juntas que toman como referencia la solicitud de volúmenes de agua de riego. En algunas Agencias donde existen sospechas que las solicitudes de volúmenes de agua no corresponden al cultivo que el agricultor decide sembrar, el técnico corrige la información acudiendo al Jefe de Regantes o a un pequeño muestreo.

El acopio de información sobre mercados de productos probablemente es más confiable, ya que hay presencia de informantes calificados en los mercados locales. Además es una preocupación de la Dirección de la Agencia Agraria que la pizarra de la Oficina de Información ocupe un lugar visible y público en sus instalaciones. Esto ocurre a nivel de las Direcciones Regionales Agrarias; en las Agencias o Sedes la información no está actualizada, se hace uso de la vitrina o el periódico mural.

El acopio, procesamiento e intercambio de información de la Agencia Agraria se trabaja manualmente en más del 85% de las Agencias, porque no disponen de infraestructura, computadora, teléfono y acceso a la página Web del Ministerio.

Es posible afirmar que la mayoría de las Agencias Agrarias tienen problemas para el cumplimiento de sus funciones de acopio de información veraz. La magnitud del error por el factor humano es

significativa, los técnicos de las Agencias le atribuyen en promedio un 20%. Los más optimistas afirman que el error es del 5%. Se estima que podría superar el 40% ya que en más de una Agencia existen datos proporcionados por los informantes calificados sobre el rendimiento de los cultivos que llegan a superar en un 100% a los informados.

Esto invalida y desacredita la información que cualquier Agencia pretenda entregar o retornar como servicio. Si el informante calificado, la información de retorno está desde su origen invalidada.

2.4 ANÁLISIS DE LAS BASES GEOGRÁFICAS EXISTENTES

Fueron evaluadas las diferentes fuentes geográficas en sus distintos formatos. La preferencia se orienta a escoger los archivos digitales frente a los formatos tradicionales en papel. Esta evaluación contempló una categorización para considerarlas aptas en mayor o menor grado para el trabajo de construcción del MARCO MUESTRAL DE AREA. Dicha clasificación acompaña la descripción de cada una de las fuentes:

MU: muy útil,

U: útil,

PU: poco útil.

Las instituciones consultadas fueron:

El Instituto Geográfico Nacional **IGN**.

El Ministerio de Educación **ME**.

El Proyecto Especial de Titulación de Tierras **PETT**.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática **INEI**.

El Ministerio de Transporte **MT**.

El Instituto Nacional de Recursos Naturales **INRENA**.

El Ministerio de Energía y Minas **MEM**.

CARTAS AL 100.000 base impresa: U. La cobertura es completa y es material básico de consulta, fueron elaboradas por el IGN (Instituto Geográfico Nacional). Este material está disponible en la Dirección de Estadística de la DGIA con lo cual la disponibilidad del mismo es inmediata.

CARTAS AL 100.000 base digital raster: MU. El MEM las obtuvo mediante escaneo y rectificación espacial de las cartas impresas. Su sistema de referencia esta en coordenadas geográficas. Este material está en poder de la DGIA con lo cual su disponibilidad es inmediata.

CARTAS AL 100.000 base digital vectorial: MU. El trabajo de vectorización fue hecho por el ME. Cuentan con menor información que las de base impresa pero posibilitan la incorporación de nuevas referencias geográficas. Este material está en poder de la DGIA con lo cual su disponibilidad es inmediata.

CARTAS AL 25.000 base papel: PU. No tienen cobertura total, sólo existen para la zona sur oeste del país. Pertenecen al Proyecto

Especial de Titulación de Tierras. Podrían ser pasadas a formato digital mediante escáner y vectorización, con la consiguiente inversión de tiempo y dinero.

CATASTRO PREDIAL: U. Para la región de SIERRA sólo hay pequeñas islas cubiertas salvo en el caso de Puno, alrededor del lago Titicaca. Son archivos digitales pertenecientes al PETT que contienen los límites de las parcelas catastrales.

BASE DIGITAL CENTROS POBLADOS: MU. El Instituto Nacional de Estadística e Información posee un archivo digital con puntos que definen la localización de Centros Poblados. Cada punto tiene asociado el nombre y código del poblado y otros datos de interés.

BASE DIGITAL VIAS DE COMUNICACION: U. El INEI posee un archivo digital con caminos, rutas y senderos que habrá que verificar la precisión del mismo evaluando su nivel de exactitud al asentarlo sobre las otras capas de información. La fuente de ese archivo es el Ministerio de Transportes que digitalizó rutas y caminos principales a escala 1:500.000.

CARTOGRAFIA POR SEA (Censo Nacional Agropecuario 94): PU. Son croquis elaborados sobre cartas nacionales al 100,000 con descripción de límites e información pre-censal de productores con cantidad estimada de hectáreas en producción.

IMÁGENES LANDSAT: MU. Cubren la totalidad de la región de estudio. El organismo que posee los archivos digitales INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) pertenece al Ministerio de Agricultura y su obtención no ofrecer inconvenientes. Los tipos de sensores de dichas imágenes son de diferente calidad pero a pesar de ello se podrán utilizar para la planificación de la muestra, en la estratificación y en el diseño de las UPM. En el portal en Internet de la Universidad de Maryland, las imágenes Landsat procedentes del sensor ETM+ (el más moderno a la fecha) están disponibles en forma gratuita para fines no lucrativos como es el caso de este estudio,

IMÁGENES SPOT: U. Cubren pequeños sectores de la región de estudio. Son un gran auxiliar en campo pero sólo existen para sectores muy específicos. No es factible contar con ellas en todos los segmentos seleccionados salvo que se puedan comprar este tipo de imágenes.

FOTOGRAFIA AEREA: U. También estos archivos los tiene el PETT. Al igual que con las imágenes spot las fotos aéreas cubren pequeños sectores de la región de estudio. Son un gran auxiliar en campo pero no será factible contar con ellas en todos los segmentos seleccionados.

COMUNIDADES CAMPESINAS: PU. En las sedes comunales hay información sobre comuneros, parcelas y uso de suelos pero se halla en listados. Existen mapas que localizan los límites externos de las

comunidades pero no informan sobre la ubicación de los comuneros dentro de ellas.

Cuadro 6. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DISPONIBLE					
BASE GEOGRAFICA	1 SOPORTE	2 COBER.	3 GEOREF.	4 ELAB.	5 CLASIF.
CARTA NACIONAL ESCALA 1 : 100.000	PAPEL	TOTAL	SI	IGN	U
CARTAS NACIONAL DIGITAL RASTER	DIGITAL	TOTAL	SI	MEM	MU
CARTAS NACIONAL DIGITAL VECTORIAL	DIGITAL	TOTAL	SI	ME	MU
CARTA TOPOGRÁFICA 1 : 25.000	PAPEL	PARCIAL	SI	PETT	PU
CATASTRO PREDIAL	DIGITAL	PARCIAL	SI	PETT	U
CENTROS POBLADOS	DIGITAL	TOTAL	SI	INEI	MU
VIAS DE COMUNICACIÓN	DIGITAL	TOTAL	SI	MT	U
CARTOGRAFIA POR SEAs	PAPEL	TOTAL	NO	INEI	PU
IMAGEN LANDSAT	DIGITAL	TOTAL	SI	INRENA	MU
IMAGEN SPOT	DIGITAL	PARCIAL	SI	PETT	U
FOTOGRAFIA AEREA	PAPEL / DIGITAL	PARCIAL	NO	PETT	U
COMUNIDADES CAMPEÑAS	PAPEL	TOTAL	NO	INEI	U

1. SOPORTE; si se dispone de una copia digital o impresa de la información.
2. COBERTURA; área que recubre la información con relación al ámbito de estudio.
3. GEOREFERENCIA; si se han registrado las coordenadas de la información grafica.
4. ELABORACION; institución que ha generado la información.
5. CLASIFICACION; clasificación en función de su utilidad a la construcción del marco muestral.

Figura 6
MAPA FÍSICO POLÍTICO DEL PERÚ

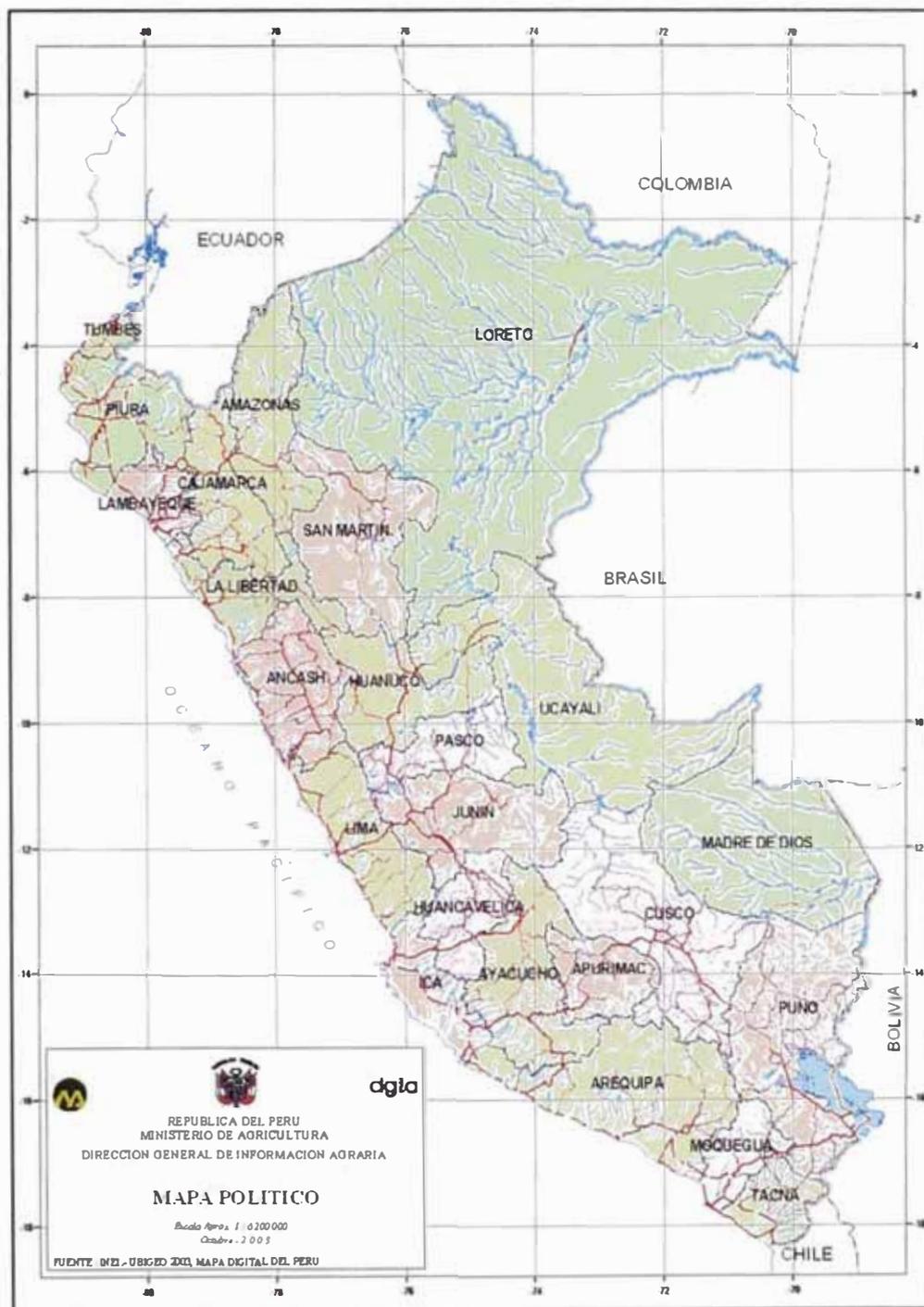
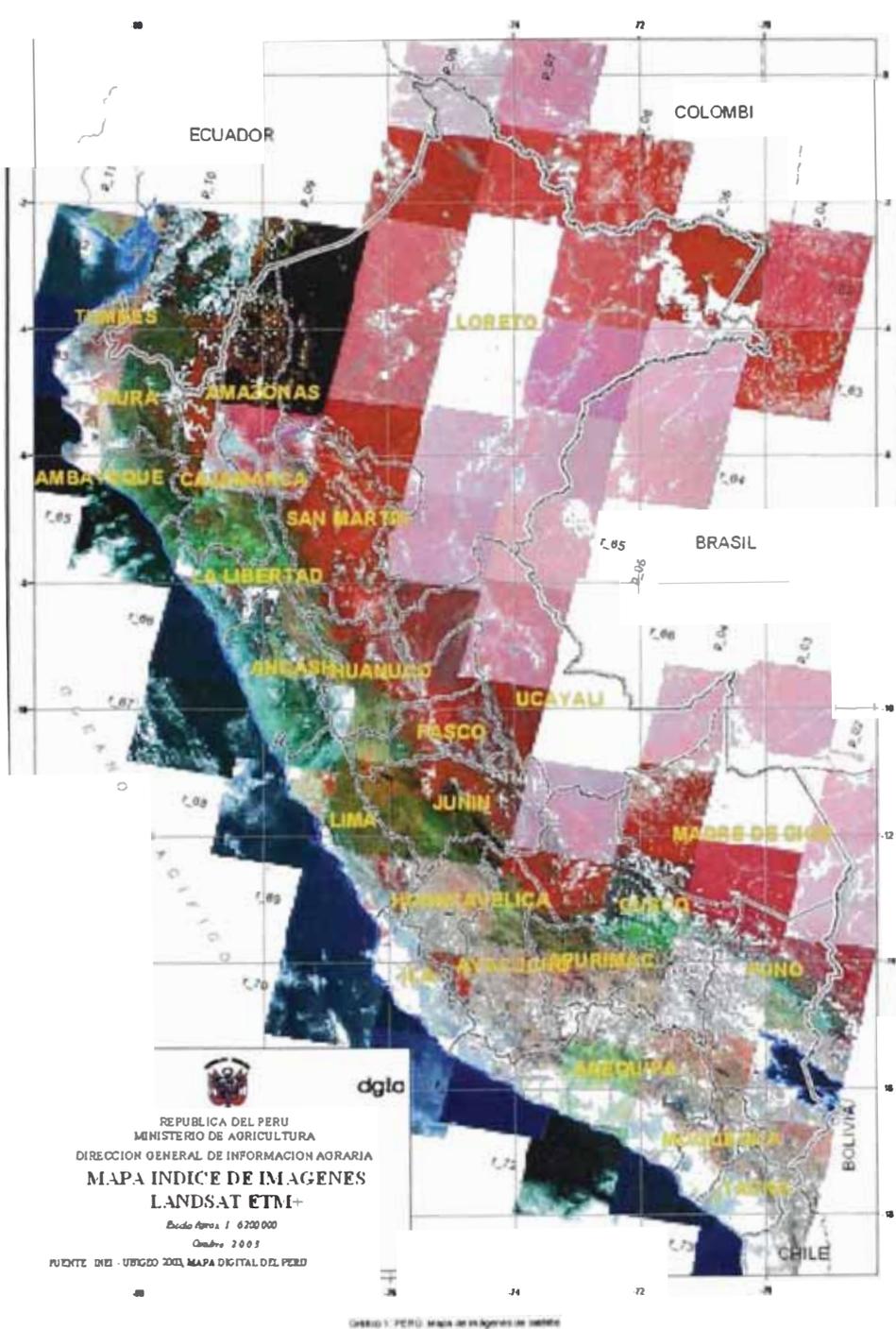


Figura 7
REGIONES NATURALES DE PRÚ



Figura 8
PERU COBERTURA LANDSAT



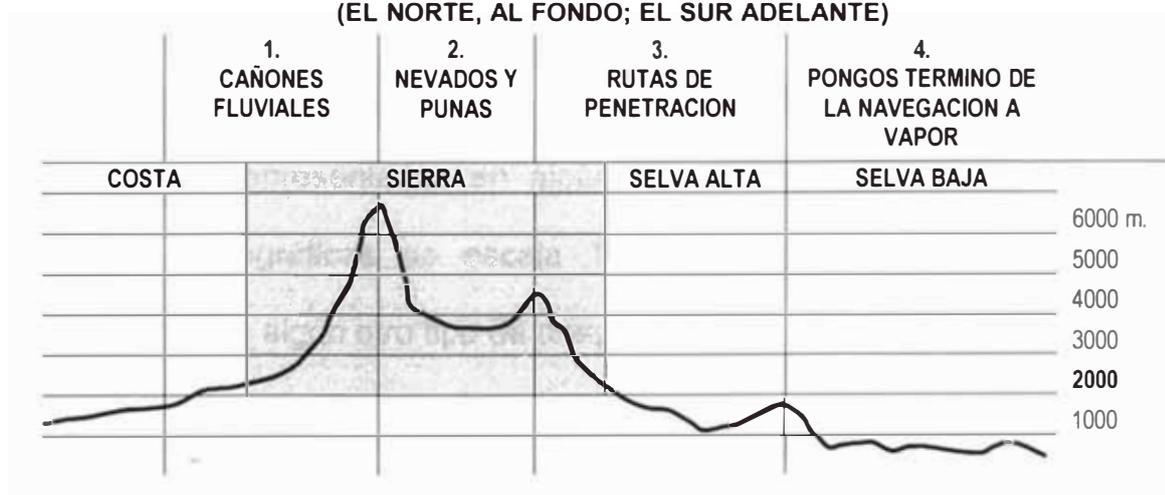
CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL MARCO DE ÁREA

3.1 ANTECEDENTES

De acuerdo al UBIGEO del año 2003 publicado por el INEI, se considera que un distrito pertenece a la región sierra cuando por lo menos el 50% de su territorio está sobre los 2,000 metros sobre el nivel del mar de acuerdo a esta definición mas del 65% de los distritos políticos pertenecen a la sierra. Ver Figura 9.

Figura 9
CORTE TRANSVERSAL GENERALIZADO DEL
TERRITORIO DE LA REPUBLICA
 (EL NORTE, AL FONDO; EL SUR ADELANTE)



Fuente: Potencial de exportación agrícola peruano. Charles Morin Labrousse. ASPA 1997.

En el Cuadro 7 se muestra la conformación política y agropecuaria de la región natural sierra utilizada en el presente estudio.

<p align="center">Cuadro 7. CONFORMACIÓN POLÍTICA Y AGROPECUARIA DE LA REGIÓN NATURAL SIERRA</p>		
Superficie territorial	38 176 993 ha	29.70 % del total nacional
Departamentos políticos con región natural sierra (no necesariamente todo el ámbito en sierra)	19	de 25 departamentos
Distritos políticos ubicados en la región natural sierra (todo el ámbito en sierra)	1206	65.97 % del total nacional
Superficie agropecuaria (III CENAGRO 1994) (Incluye 15 500 000 ha de pastos naturales)	21 756 144 ha	61.48 %
Superficie agrícola (III CENAGRO 1994)	2 695 905 ha	49.22 %

Fuentes: INEI Departamento de Cartografía y UBIGEO 2003,
 III CENAGRO 1994 reprocesado 2003
 Elaboración: ENAPROVE SIERRA 2003

Para el mejor entendimiento de estos datos se debe tener en cuenta las siguientes definiciones:

Sector de Empadronamiento Agropecuario “SEA”; Es la carga de trabajo de un empadronador durante el periodo censal de aproximadamente 3 semanas, con un promedio de 80 a 120 Unidades agropecuarias. Se caracteriza por tener límites físicos reconocibles en campo y representados en algún documento cartográfico como las cartas topográficas de escala 1:25.000, carta nacional de escala 1:100.000 o algún otro tipo de croquis.

Unidad agropecuaria; se define como todo terreno o conjunto de terrenos utilizados total o parcialmente para la producción agropecuaria,

conducida por un Productor Agropecuario, sea cual fuere su tamaño, régimen de tenencia, y condición jurídica. Un serio problema es no tener ubicadas en un plano las parcelas que componen cada Unidad Agropecuaria, el valor de esta superficie es producto de la declaración del productor.

Superficie Agrícola; comprende todas las tierras que tienen actividad agrícola, sea con cultivos permanentes, transitorios, barbecho o en descanso, obtenida como en el anterior caso por la simple declaración de los productores agropecuarios.

Superficie No agrícola; es la superficie que no tiene actividad agrícola, pero que forma parte de la superficie de la Unidad Agropecuaria, incluye los pastos naturales que tienen actividad pecuaria, también los montes y bosques, las otras clases de tierra no aptas para la agricultura, construcciones y eriazos.

3.2 PRODUCTOS ESPERADOS

El MARCO MUESTRAL DE ÁREA, es la base esencial para la ejecución de la encuesta y las tareas de inferencia y análisis. En realidad se tratan de varios subproductos que se generan a partir de una **BASE GRÁFICA Y TABULAR** de información georeferenciada, y de las tareas de campo. Específicamente podemos mencionar:

- Datos para la selección de la muestra de UPM
- Datos para la selección de la muestra Segmentos
- Datos para el planeamiento de campo
- Mapa de UPM
- Mapas de Segmentos
- Mapas de distribución de la muestra
- Mapas de actividades de campo
- Mapas y croquis de ubicación
- Coordinaciones interinstitucionales
- Hojas de ruta
- Reporte de Facilidades logísticas
- Reporte de Tiempos y recorridos

3.3 ESQUEMA METODOLÓGICO

La construcción del Marco de Area se basa en métodos gráficos de división del territorio. Las variantes en la metodología dependen fundamentalmente de la fuente de información que se toma como base.

Teniendo en cuenta la disponibilidad, el costo y las características de las fuentes de información se han analizado las ventajas y desventajas de varias alternativas. Cuadro 8.

Considerando estos tres criterios se concluye que la mejor alternativa es el uso de las imágenes de satélite Landsat.

Otra posible variante en la metodología para obtener las UPM es por medio de clasificación automatizada ya sea supervisada o no, se descarto esta alternativa debido a que las imágenes con que se cuenta no son actuales. Además de que se necesitaría de una etapa previa de entrenamiento para la determinación de patrones de identificación para cada cultivo.

Cuadro 8. ALTERNATIVAS METODOLOGICAS			
ALTERNATIVA	DESCRIPCION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Utilizando la sectorización del III CENAGRO	Se utilizan los Sectores de Empadronamiento Agropecuario como UPM.	Existe recubrimiento para todo el país.	La fuente no es confiable. La digitalización requiere de mucho tiempo. Alto costo y pocos resultados.
2. Utilizando información del PETT	Se utilizan los límites prediales como UPM.	Hay información de los principales valles y de las comunidades campesinas. La información esta en formato digital.	No hay recubrimiento para todo el ámbito de estudio.
3. Utilizando fotografías aéreas	Consiste en obtener las Unidades Primarias de Muestreo a partir de fotointerpretación visual. El método es similar en todos los caso y se distingue por las características de la imagen.	Gran resolución de imagen. Se pueden programar los vuelos a pedido.	Alto costo para obtener fotos ortorectificadas. No existe recubrimiento total disponible.
4. Utilizando Imágenes LANDSAT		Bajo costo en comparación con las fotos y SPOT. Múltiples bandas del espectro permiten mayores posibilidades a la fotointerpretación. Están disponibles imágenes para todo el ámbito de estudio.	Resolución espacial de 15-30 metros (menor a las fotos y SPOT).
5. Utilizando Imágenes SPOT		Costo medio entre las fotos y LANDSAT. Resolución de 5 a 10 metros (muy apropiada incluso para la segmentación)	Alto costo. No existe recubrimiento disponible para todo el ámbito del estudio.

Finalmente se ejecuto la metodología en dos etapas:

1. La primera etapa es la división del territorio en áreas homogéneas y reconocibles denominadas Unidades Primarias de Muestreo (UPM).
2. La segunda etapa es la división de las UPM en áreas más pequeñas denominadas segmentos.

Las UPM se construyen para cada uno de los distritos de la sierra definidos por el Instituto nacional de Estadística INEI. Se tiene la ventaja adicional de que solo es necesario construir los segmentos para aquellas UPM que contienen segmentos de muestra seleccionados.

Para la ejecución de la ENAPROVE SIERRA se agruparon los trabajos en cuatro áreas que se han denominado:

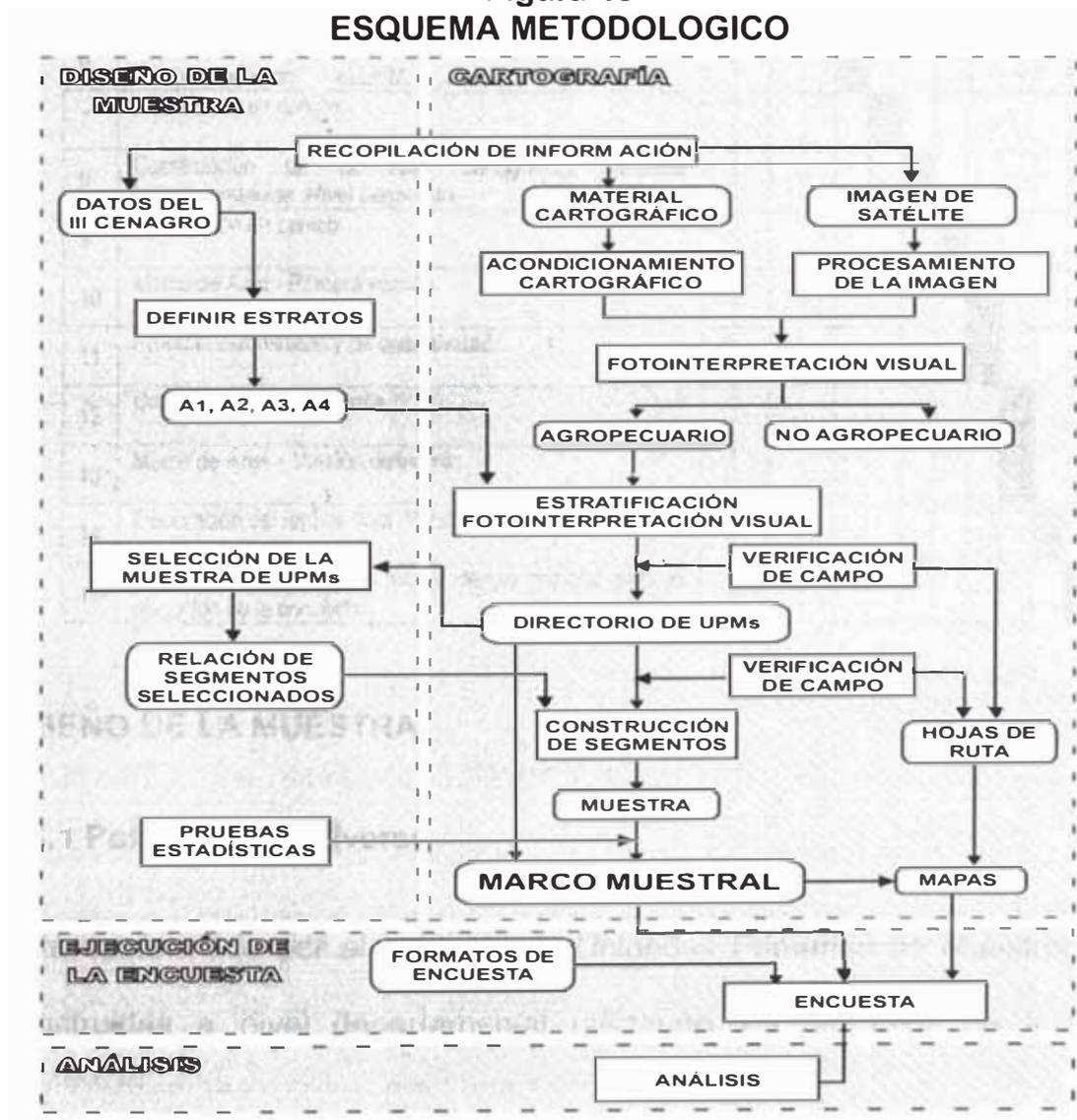
1. Diseño de la muestra
2. Cartografía
3. Ejecución de la encuesta
4. Análisis

Las áreas directamente relacionadas con la construcción del MARCO MUESTRAL DE AREA son las dos primeras. El área de Diseño de la Muestra establece los parámetros estadísticos. El área de Cartografía establece los parámetros geográficos y procede a la construcción del

marco. El área de Ejecución de la encuesta requiere de mapas los que también son elaborados por el área de cartografía.

En la figura 13 se muestra el esquema metodológico recomendado, el mismo que fue aplicado en la prueba piloto para los distritos de sierra del departamento de Huanuco. Se han utiliza casilleros con bordes rectangulares para los procesos y bordes redondeados para los productos y las interacciones entre las distintas áreas.

Figura 13
ESQUEMA METODOLOGICO



3.4 ETAPAS DEL PROYECTO

**Cuadro 9.
ETAPAS DEL PROYECTO
CONSTRUCCION DEL MARCO MUESTRAL DE ÁREA**

	ACTIVIDADES	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Diseño estadístico de la muestra.	■												
2	Recopilación de información cartográfica y estadística.	■												
3	Implementación con equipos y sistemas de cómputo.	■												
4	Construcción de la base cartográfica mediante fotointerpretación. Nivel Uso agropecuario.		■											
5	Verificación en campo.			■										
6	Construcción de la base cartográfica mediante fotointerpretación. Nivel UPM.				■									
7	Verificación en campo.					■								
8	Construcción de la base cartográfica mediante fotointerpretación. Nivel Segmento.						■							
9	Verificación en campo							■						
10	Marco de Área - Primera versión.								■					
11	Pruebas estadísticas y de operatividad.									■				
12	Correcciones y reemplazos										■			
13	Marco de Área – Versión definitiva.											■		
14	Elaboración del reporte final (Publicación)												■	
15	Elaboración de hojas de ruta y demás material para la ejecución de la encuesta													■

3.5 DISEÑO DE LA MUESTRA

3.5.1 Población o Universo

Está conformado por el conjunto de Unidades Primarias de Muestreo construidas a nivel departamental utilizando los procesos de foto

interpretación de las imágenes satelitales respectivas y que conforman el marco de áreas agropecuarias a nivel departamental.

3.5.2 Criterios de estratificación de UPM

Áreas Agropecuaria y No agropecuaria; En la jurisdicción territorial de cada departamento se identificará y delimitará las áreas agropecuarias a través de procesos de foto interpretación de las imágenes satelitales, por tanto, las áreas no agropecuarias son excluidas de la investigación. En las áreas agropecuarias del departamento se delimitarán los ámbitos de las UPM, las jurisdicciones así definidas serán clasificadas en estratos y, a partir de ellas, se elegirá una muestra probabilística de UPM's representativa para todo el departamento.

Cada una de las UPM's integrantes del marco de áreas a nivel departamental será clasificada en estratos homogéneos según los criterios:

- Porcentaje de la superficie agropecuaria con destino agrícola.
- Tamaño de la unidad agropecuaria.

El número de estratos a considerar será diferente en cada departamento y está en función del grado de heterogeneidad que registra la actividad agropecuaria de los distritos integrantes del departamento. En general, a nivel departamental, el número de estratos a considerar no supera a los 4 estratos.

Para cada estrato se construye un listado de UPM ordenado según su ubicación geográfica siguiendo una secuencia serpenteante y consignando el número de unidades secundarias de muestreo que contienen como medida del tamaño respectivo.

3.5.3 Unidades de muestreo

Unidad Primaria de Muestreo (UPM):

Porción compacta de tierra que cuenta con límites físicos reconocibles y permanentes en el terreno, que contiene tanto una proporción de tierra cultivada como una superficie total que está entre las que caracterizan al estrato que pertenece. En cada departamento se elegirá una muestra de UPM con probabilidad proporcional al tamaño y con reemplazo.

Unidad Secundaria de Muestreo (USM):

Es el segmento, que es una porción compacta de tierra extraída de una UPM que cuenta con límites físicos reconocibles y permanentes en el terreno que contiene una proporción de tierra cultivada que está entre las que caracterizan al estrato que pertenece, y por tanto, es representativo de la UPM a la cual pertenece. Como segunda etapa del muestreo, en cada UPM seleccionada en la primera etapa se elegirá con igual probabilidad un segmento representativo de toda la UPM y en la jurisdicción de este segmento se entrevistará a todos los agricultores

que conducen una parcela. En general se espera que en cada segmento así elegido se entreviste a un promedio de 10 agricultores.

3.5.4 Esquema de Muestreo

Esta encuesta agropecuaria fue diseñada bajo un esquema de muestreo **PROBABILÍSTICA, POLIETÁPICO, ESTRATIFICADO Y POR CONGLOMERADOS.**

Previo a la selección de las USM, las zonas censales fueron estratificadas según el criterio descrito anteriormente.

1. **Probabilístico.-** Esto significa que las unidades de selección tienen una probabilidad conocida y distinta de cero de entrar en la muestra para cada miembro de la población, lo cual permite conocer la precisión de los resultados muestrales.
2. **Estratificado.-** Porque las unidades de selección son agrupadas por características similares de tipo geográficas y uso agropecuario.
3. **Polietápico.-** Porque la unidad última de selección (USM o Segmento) es seleccionada después de dos etapas.
4. **Por conglomerados.-** Porque previamente se conforman conjuntos de unidades muestrales de los cuales se obtiene la muestra (UPM).

Cuadro 10. ESQUEMA DE MUESTREO APLICADO		
Etapa de Selección	Unidad de Selección	Probabilidad de selección
1	Unidad Primaria de Muestreo.- UPM	Probabilidad proporcional al Tamaño (ppt)
2	Unidad Secundaria de Muestreo.- USM o Segmento	Igual probabilidad muestreo aleatorio simple (mas)

3.5.5 Afijación de la muestra

La afijación¹⁶ de la muestra se realiza dentro de cada entidad entre los diferentes estratos de manera proporcional a su tamaño.

3.5.6 Selección de la muestra

Selección de las Unidades Primarias de Muestreo: Para cada uno de los cuatro estratos conformados para el departamento se eligió una muestra independiente de UPMs con probabilidad proporcional al número de segmentos que contiene con reemplazo y considerando una estructura de seis replicas independientes.

Selección de la Unidad Secundaria de Muestreo: En cada una de las UPMs seleccionadas en la primera etapa se eligió con igual probabilidad un segmento como representativo de toda la UPM y en la jurisdicción de este segmento se entrevistará a todos los agricultores

¹⁶ La afijación de la muestra es la forma como se distribuyen el número de muestras por cada estrato.

que conducen una parcela. En general se espera que en cada segmento así elegido se entreviste a un promedio de 10 agricultores.

3.5.7 Unidad de Análisis

La información a recabar a través de entrevista directa a los agricultores aplicando el formulario de encuesta estructurado comprenderá a dos tipos de unidad:

La Parcela: A nivel parcela se recabará información de aprovechamiento de la tierra, superficies sembradas, superficies cosechadas, destino de la producción y sobre las intenciones de siembras a realizar sobre estas mismas parcelas.

La Unidad Agropecuaria: A nivel unidad agropecuaria se recabará información sobre población pecuaria, producción pecuaria, sobre los canales de ventas predominantes para los principales cultivos y crianzas preponderantes manejadas por la administración general de la unidad agropecuaria.

En general, el entrevistador solicitará la información por separado de cada una de las parcelas conducidas por el productor y que están comprendidas dentro del segmento elegido. Sin embargo, para aquellos productores que cuentan con más de una parcela dentro del segmento, la información a nivel unidad agropecuaria sólo la solicitará una vez.

3.5.8 Períodos de Referencia

La información que se solicita a través del formulario estructurado corresponde a todas las actividades productivas desarrolladas por las unidades agropecuarias que resultaren seleccionadas en la muestra, por tanto, los períodos de referencia aplicables registrarán la diversidad siguiente:

- Día de la entrevista,
- Próximos 12 meses, y
- Últimos 12 meses.

3.5.9 Tipo de Segmento

La información que se solicita a las unidades agropecuarias seleccionadas comprenderán variables de amplio espectro, coexistirán tanto las variables de comportamiento localizado, tales como las superficies sembradas con cultivos determinados, como aquellas variables amplia distribución espacial tales como las relacionadas con el manejo de ganado; por tanto, su medición a través del formulario estructurado comprenderá a los segmentos:

- Segmento Cerrado.
- Segmento Abierto o Segmento Ponderado.

3.5.10 Tamaño de la Muestra

En la investigación piloto se plantea seleccionar al 0.3% de los agricultores existentes a nivel departamental, a partir del

comportamiento general de esta muestra se estimará el efecto de diseño correspondiente a través del cual se reajustará este tamaño de muestra.

3.5.11 Método de estimación

La estimación se realizará considerando que se está trabajando en un contexto de muestreos probabilístico que cuenta con seis muestras replicadas independientes.

- Total estimado en la réplica k:

$$\overline{T}_h(k) = N_h \sum_{i=1}^{z_h} x_{hi}(k)$$

- Total estimado:

$$\overline{T} = \sum_{h=1}^L \frac{1}{r_h} \sum_{k=1}^{r_h} \overline{T}_h(k)$$

- Varianza estimada total:

$$\overline{V} = \sum_{h=1}^L \frac{1}{r_h(r_h-1)} \left[\sum_{k=1}^{r_h} (\overline{T}_h(k))^2 - \frac{1}{r_h} \left(\sum_{k=1}^{r_h} \overline{T}_h(k) \right)^2 \right]$$

Donde:

- N_h : Número de segmento en cada zona del estrato h.
- r_h : Número de replicas del estrato h. ($r_h = 6$)
- $X_{hi(k)}$: Valor de la variable X en el único segmento seleccionado.

**Cuadro 11.
CONCEPTOS A INVESTIGAR**

Concepto	Variable	Unidad de Análisis	Periodo de Referencia	Tipo segmento
1: Ubicación de la parcela	Política Geográfica	Parcela	Día de entrevista	Cerrado
2: Estratificación de la parcela	Superficie y Condición jurídica de la tenencia del productor: (Nombre, educación, tamaño de familia...)	Parcela	Día de entrevista	Cerrado
3: Aprovechamiento de la tierra	Con cultivos transitorios * Con cultivos permanentes * Barbecho * Descanso * Pastos naturales, Montes y bosques, Otras tierras	Parcela	Día de entrevista	Cerrado
4: Superficie sembrada Pronóstico de Cosechas.	Cultivos transitorios * Cultivos permanentes * Cultivos dispersos *	Parcela	Campaña 2003/2004	Cerrado
5: Superficie cosechada, Rendimiento, Producción y Precios.	Cultivos transitorios * Cultivos permanentes * Cultivos dispersos *	Parcela	Campaña 2002/2003	Cerrado
6: Destino de la Producción	Porcentaje de la producción destinada a: Mercado, trueque, autoconsumo, autoinsumo, pérdida, etc...	Parcela	Campaña 2002/2003	Cerrado
7: Intenciones de Siembra	Cultivos transitorios * Cultivos permanentes * Cultivos dispersos *	Parcela	Campaña 2003/2004	Cerrado
8: Población pecuaria	Vacunos ** Ovinos ** Porcinos ** Caprino ** Aves ** Alpacas ** Llamas **	Unidad Agropecuaria	Día de la entrevista	Ponderado o Abierto
9: Producción pecuaria	Cantidad producida Destino de la producción	Unidad Agropecuaria	Campaña 2002/2003	Ponderado o Abierto
10 Canales de venta	Canales y puntos de venta	Unidad Agropecuaria	Campaña 2002/2003	Ponderado o Abierto

* Especificación del cultivo: Bajo riego o en seco

** Especificación de la categoría

*** Especificación de la crianza

Fuente: ENAPROVE – SIERRA

3.6 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

3.6.1 Plataforma

La plataforma SIG utilizada es ARCGIS by ESRI. Para el procesamiento de las imágenes de satélite se utilizó ERDAS Imagine.

Se decidió a favor de estas plataformas debido a que funcionaba sobre PC con sistema operativo XP, tienen servicio de venta y soporte en Lima y son las más utilizadas por las instituciones que utilizan SIG y TD en Lima.

ARCGIS provee herramientas para la manipulación de los archivos georeferenciados:

- **Visualización**; Permite ver diferentes tipos de formato como archivos AutoCAD, MapInfo, y varios tipos de imágenes.
- **Edición**; Pueden editarse los formatos propios de ESRI, para esto dispone de herramientas de diseño CAD. Además las operaciones de consolidación de datos son muy sencillas.
- **Importar y exportar**; La mayoría de los formatos gráficos que existen pueden ser leídos e importados un formato ESRI. Estos a su vez pueden ser exportados a otros formatos.
- **Proyección**; La cartografía elaborada para el Perú puede estar en coordenadas Geográfica (Latitud y Longitud en grados) o en

UTM (Universal Transversa de Mercator). ARCGIS permite uniformizar estas diferencias.

- **Análisis;** Se pueden hacer cálculos matemáticos sobre las bases tabulares además se pueden hacer análisis espacial.

ERDAS provee todas las herramientas para el procesamiento de la imagen de satélite.

- **Corrección radiométrica;** Para remover los efectos de los errores del sensor y de los factores ambientales (atmosféricos).
- **Corrección geométrica;** Para georeferenciar las imágenes a partir de puntos registrados sobre la cartografía digital disponible.
- **Composición de la imagen;** Se seleccionó la combinación RGB de las bandas 5, 4 y 3 por ser las mas adecuadas para este tipo de identificación visual.
- **Fusión con la banda pancromática;** La fusión con la esta banda de 15 metros de resolución no solo mejora la resolución espacial sino que además mejora la definición lineal de la imagen.
- **Ajuste del color;** Se ajusto el color mediante ajuste del brillo y contraste. En esta etapa además se ajustan las 4 escenas a niveles de color más próximo entre ellas.

- **Construcción de mosaico;** Este paso se realiza para dar continuidad a todo el ámbito de estudio, cubierto por 4 escenas Landsat.
- **Recorte;** Este paso consiste en recortar el mosaico anterior en partes más pequeñas para agilizar la visualización de la imagen, esto se debe a que una imagen recortada consume menos recursos de memoria que la imagen completa.

3.6.2 Cartografía base

La cartografía base con que se cuenta es la siguiente:

a. Carta Nacional

Formato original impreso

Fuente: Instituto Geográfico Nacional ING

Proyección: UTM.

Datum: WGS84 y PSAD56

Formato de archivo: Impreso a color en papel simple

Observación: Cuenta con información detallada del tipo de georeferenciación y fechas de levantamiento de información, procesamiento e impresión definitiva.

Formato digital vectorial

Fuente: Ministerio de Educación.

Proyección: UTM.

Datum: WGS84.

Formato de archivo: Shape de Arcview (tres archivos shp, shx y dbf).

Observación: La información esta ordenada por cartas, a cada carta cuenta con información de hidrografía e hipsografía, para todo el Perú.

Carta Nacional IGN escala 1:100000 raster georeferenciado.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Proyección: Coordenadas Geográficas.

Formato de archivo: ECW de ERMapper.

Observación: La información esta ordenada por cartas, se cuenta con las cartas que recubren la zona de Sierra del Perú.

b. Imagen de Satélite LandSat TM.

Fuente: INRENA.

Sensor: LandSat TM.

Resolución: Píxel de 30m.

Fecha: Varias.

Bandas: 3, 4, 5 o 4, 5, 7 dependiendo de la escena.

Proyección: UTM.

Datum: WGS 84.

Formato de archivo: Imagine *.IMG.

Observación: No se cuenta con todas las bandas.

c. Imagen de Satélite LandSat ETM+.

Fuente: Universidad de Meryland (<http://glcf.umiacs.umd.edu/>).

Sensor: LandSat ETM+.

Resolución: Píxel de 15m pancromática y 30m multiespectral.

Fecha: Varias.

Bandas: 1 Pancromática 6 multiespectral.

Proyección: UTM.

Datum: WGS 84.

Formato de archivo: Un Geotiff para cada banda.

d. Perú Digital.

Fuente: UNOPS.

Proyección: Coordenadas Geográficas.

Formato de archivo: Shape de Arcview.

Observación: La escala es 250 000.

e. Perú Vial.

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones.

Formato de archivo: PDF de Adobe Acrobat.

3.6.3 Capas temáticas

Las principales capas temáticas incluidas son: Hipsografía (curvas de nivel), Hidrografía (ríos y lagos), división política (límites de distrito y provincias), la imagen de satélite, y la carta nacional escaneada.

Los archivos que se muestran en el SIG, pueden ser de tipo raster (Imagen de ERDAS o GEOTiff) y vector (Shape File de Arcview). Los archivos vector a su vez pueden representar puntos, líneas o polígonos. Y los archivos raster pueden ser imágenes de satélite (Landsat o Spot), fotografías aéreas, mapas temáticos u otro tipo de imagen escaneada.

Cuadro 12. DEFINICION DE ARCHIVOS FUENTE		
ARCHIVO	DESCRIPCION	TIPO
DEPA	División política por DEPARTAMENTO	POLIGONO
PROV	División política por DISTRITO	POLIGONO
DIST	División política por PROVINCIA	POLIGONO
LIMI	Límites políticos (DIST/PROV/DEPA)	LINEA
CPOB	Centros poblados	PUNTO
RNAT	Regiones naturales	POLIGONO
CPRE	Catastro predial	POLIGONO
HIDR	Hidrografía	LINEA
LAGO	Cuerpos de agua	POLIGONO
CNIV	Curvas de nivel	LINEA
VIAC	Vías de comunicación	LINEA
IMAG	Imagen	RASTER
IMCV	Cobertura de imagen	POLIGONO
CNAC	Carta Nacional escaneada	RASTER
IDCN	Índice de cartas nacionales	POLIGONO
USUE	Uso de Suelo	POLIGONO
UPMSIE	UPM de Región Sierra	POLIGONO
SEGSIE	Segmento de Región Sierra	POLIGONO

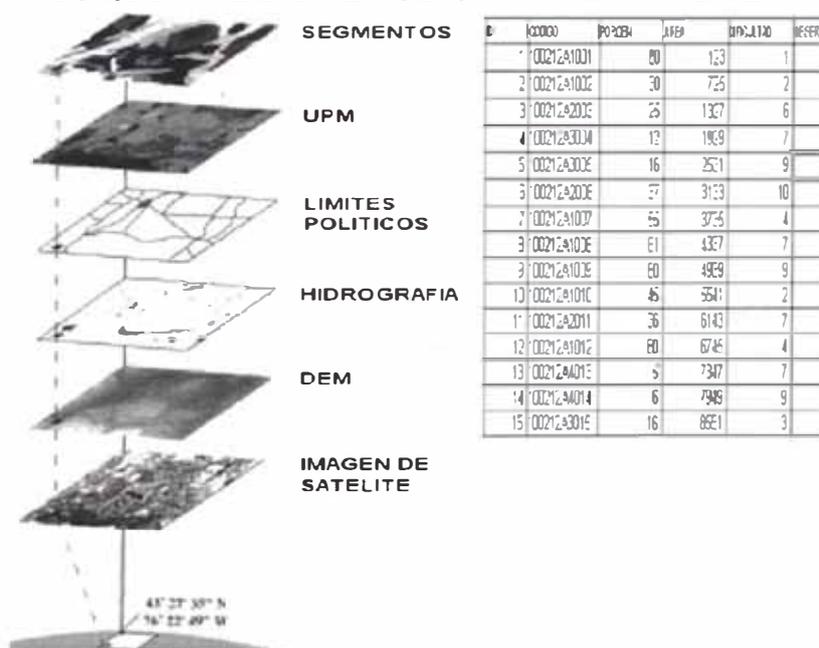
Elaboración: Del Autor

3.6.4 Base gráfica

Una característica fundamental de la base gráfica del Marco de Área es que todos los elementos; agropecuario o no agropecuario y dentro del área agropecuaria las UPM deben de recubrir el total del área de estudio sin sobre posición ni espacios vacíos.

Item	Parámetro	Valor
01	Escala	1 : 50 000
02	Proyección	UTM
03	Elipsoide	WGS 84
04	Datum Vertical	WGS 84
05	Datum Horizontal	Nivel del mar
06	Unidad de Longitud	Metros
07	Unidad de Superficie	Hectárea
08	Precisión	30 metros

**Figura 10.
ESQUEMA DE LA BASE GRAFICA Y TABULAR**



3.6.5 Base Tabular

Esta dada por la tabla de atributos de las UPM, ver Cuadro 14. Las áreas son recalculadas automáticamente por el programa a cualquier cambio en la base gráfica. La enumeración también es automática y responde a un algoritmo denominado serpentin que se detalla mas adelante.

Cuadro 14.
ESTRUCTURA DE LA TABLA DE ATRIBUTOS DE UPMSIE

ENTIDAD: UPMSIE				
	ATRIBUTO	TIPO	LONGITUD	DESCRIPCION
1	ID	N	4	identificador correlativo
2	CODIGO	C	12	CODIGO = DDPPdd+An+9999 DDPPdd = Código de UBIGEO DD = Código del Departamento PP = Código de la Provincia Dd = Código del distrito An = Estrato A1, A2, A3, A4 9999 = Número de UPM por estrato
4	PORCEN	N	3	Porcentaje entero 1-100%
5	AREA	N	10	Área en hectáreas de la UPM
6	DIFICULTAD	N	2	Grado de dificultad al construir la UPM
7	OBSERV	T	50	Observación adicional

Elaboración: Del Autor

3.6.6 Imagen de satélite

La imagen utilizada es la del sensor remoto Enhanced Thematic Mapper plus "ETM+", sus características se muestran en el Cuadro 15.

El satélite Landsat 7 tiene una resolución temporal de 16 días, el momento de adquisición (toma) es alrededor de las 9:45 a.m. y recubre un área de 185 por 185 Km para una escena. El sensor ETM+ tiene una

resolución espacial de 15, 30 y 60 metros para las bandas pancromática, multiespectral y termal respectivamente. Para las bandas multiespectrales tiene una resolución radio métrica de 256 niveles digitales.

**Cuadro 15.
CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA
LANDSAT SENSOR ETM+**

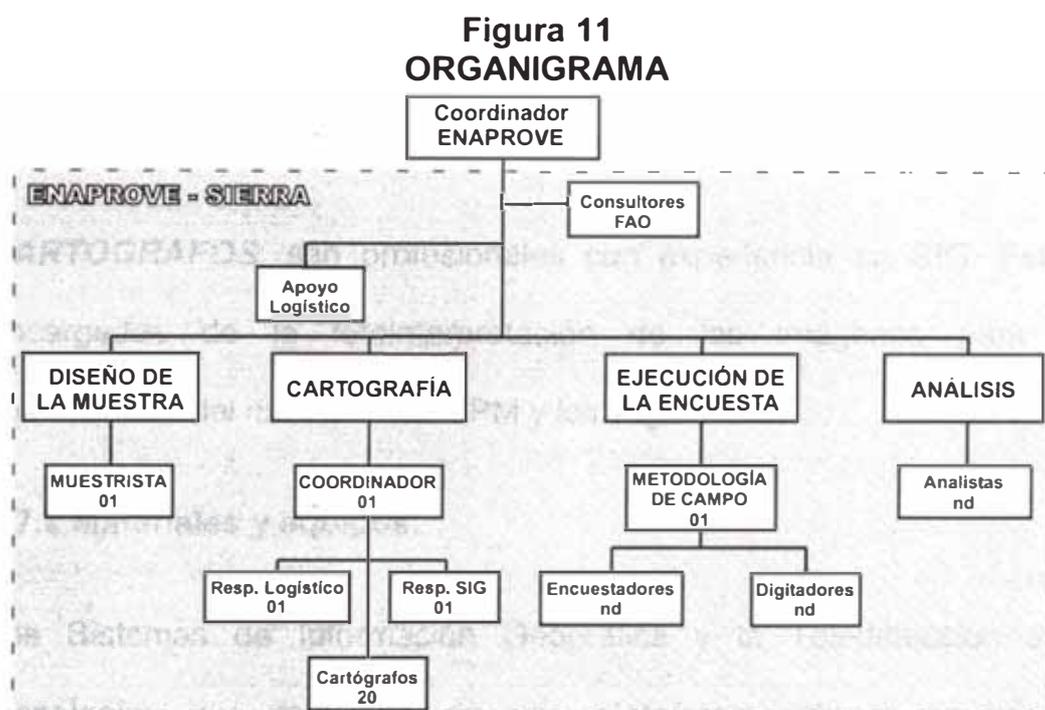
BANDA	RANGO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO μm	RESOLUCION EN METROS	CARACTERISTICAS DE LA BANDA
1 VISIBLE-AZUL	0.45 A 0.52	30	AZUL: Usada para el mapeo de aguas costeras, diferenciando entre suelos y vegetación, mapeo de tipo de forestación o agricultura.
2 VISIBLE-VERDE	0.53 A 0.61	30	VERDE: Corresponde a la reflectancia del verde de la vegetación vigorosa o saludable, también usada para la identificación de centros poblados.
3 VISIBLE-ROJO	0.63 A 0.69	30	ROJO: Es usada para la discriminación de especies de planta, la determinación de límites de suelos y delineaciones geológicas así como modelos culturales.
4 INFRARROJO CERCANO	0.78 A 0.90	30	INFRARROJO REFLECTIVO: Determina la cantidad de biomasa presente en un área, enfatiza el contraste de zonas de agua – tierra, suelo – vegetación.
5 INFRARROJO MEDIO	1.55 A 1.75	30	INFRARROJO MEDIO: Es sensible a la cantidad de agua en las plantas usadas en el análisis de las mismas, tanto en época de sequía como cuando es saludable
6 INFRARROJO TERMAL	10.4 A 12.5	60	INFRARROJO TERMAL: Para la vegetación y detección de la vegetación que se encuentra enferma, intensidad de calor, aplicación de insecticidas y localizar la contaminación termal, actividad geotermal y volcánica.
7 INFRARROJO MEDIO	2.09 A 2.35	30	INFRARROJO MEDIO: Es importante para la discriminación de tipos de rocas y suelos, así como el contenido de la humedad en suelo y vegetación.
8 PANCROMATICO	0.52 A 0.90	15	PANCROMATICO: Permite ver toda la gama visible y una parte del infrarrojo, de utilidad para la fotointerpretación por la mayor resolución.

μm micrómetro: Es la unidad básica en la que se mide el espectro electromagnético, equivale a una millonésima de metro 10^{-6}

3.7 PERSONAL, MATERIALES Y EQUIPOS.

3.7.1 Personal

Para la Construcción del Marco Muestral de Área, se contó con un equipo multidisciplinario. La figura 11 muestra el organigrama, en el cual se puede apreciar que el personal a cargo de la construcción del marco fue de 24 personas directamente. A ese número se deben añadir los consultores tres FAO y un apoyo logístico.



MUESTRISTA; es un profesional de estadística con amplia experiencia en diseño muestral aplicado a la estadística agropecuaria. Su función es la de determinar los parámetros de la muestra y realizar pruebas de consistencia estadística.

COORDINADOR DE CARTOGRAFIA; es un profesional encargado de definir los grupos y asignarles cargas de trabajo. Debe tener amplia experiencia en el ámbito geográfico de la sierra peruana.

RESPONSABLE LOGISTICO; es un profesional con amplia experiencia en el funcionamiento de la administración pública. Es responsable de la logística del grupo de cartografía.

RESPONSABLE SIG; es un profesional con amplia experiencia en el manejo de SIG y TD. Esta encargado del procesamiento de las imágenes de satélite y el acondicionamiento cartográfico. Es además responsable de consolidar la información generada por los cartógrafos.

CARTOGRAFOS; son profesionales con experiencia en SIG. Están encargados de la fotointerpretación de las imágenes para la construcción del directorio de UPM y los segmentos.

3.7.2 Materiales y equipos.

Los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección son tecnologías que requieren de una plataforma robusta se hacen necesarios equipos con gran capacidad de memoria de procesamiento y manejo de imágenes. Además los programas utilizados no son de uso común sino por el contrario son muy especializados.

La oferta disponible para los sistemas utilizados es variada, la elección se basa en los menores costos, la funcionalidad y la disponibilidad de

soporte técnico. Si bien es cierto es necesario Hardware y Software especializados los costos de estos se han reducido notablemente en los últimos 5 años.

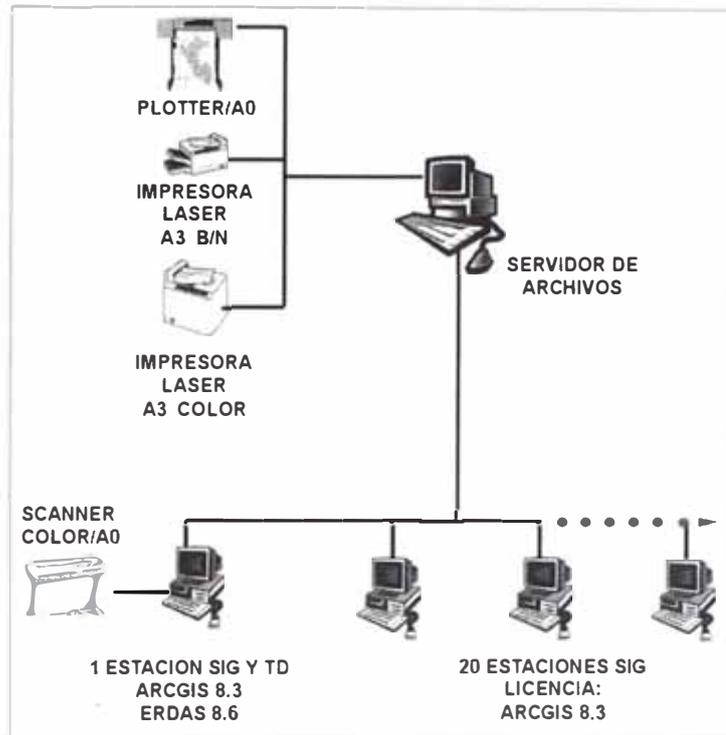
HARDWARE: Se cuenta con 21 computadoras con la siguiente configuración:

- ESTACIONES DE TRABAJO, Procesador Pentium 4 2.8MHz, Memoria RAM de 1GB, disco duro de 80GB, tarjeta de video AGP 32MB, monitor de 21 pulgadas.
- PLOTTER para impresiones de hasta 1metro de ancho.
- SCANNER a color para mapas de hasta 1metro de ancho.
- IMPRESORA LASER B/N para formatos A4/A3.
- IMPRESORA LASER COLOR para formatos A4/A3.
- FOTOCOPIADORA DE PLANOS.
- FOTOCOPIADORA para documentos.

EQUIPOS DE CAMPO

- GPS navegador, equipos para ubicar coordenadas en campo (GPS = Sistema de posicionamiento global).
- Binocular.
- Brújula.
- Altimetro
- Cámara fotográfica.

**Figura 12
EQUIPOS**



MATERIALES CARTOGRAFICOS

- Imágenes de satélite Landsat ETM+ (fuente ESDI UMIACS)
- Imágenes de satélite Landsat ETM (fuente INRENA)
- Imágenes de satélite SPOT (fuente DGIA)
- Fotografías aéreas (fuente PETT e IGN)
- Cartas nacionales del IGN (escala 1:100 000), para la zona del estudio.
- Copias de las fotografías aéreas ampliadas a factor 2X.
- Resultados de la sectorización del III CENAGRO 1994.
- Planos de las Comunidades Campesinas ubicadas en el ámbito bajo estudio.

- Resultados Definitivos del III CENAGRO reprocesados de acuerdo al UBIGEO 2003.

OTROS MATERIALES

- Lápices de color Berol Blaidell.
- Laminas de acetato (micas transparentes).
- Papel para plotter del tipo fotográfico, bond y transparente.
- Portaplano.
- Escalimetro.
- Papel bond A4, A3.
- Borradores, Plumones, Resaltadotes, etc.

3.8 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

3.8.1 Análisis Costo/Beneficio.

Los beneficios que se generan son de tipo social y son difíciles de medir en términos monetarios. En la introducción de este documento ya se ha analizado que los principales beneficiarios son la población rural dedicada a alguna actividad agropecuaria en la región sierra. Además, son beneficiarios directos los responsables de las estadísticas en las Direcciones de Información Agraria "DIA" y las autoridades locales y regionales, ya que contarán con un marco de referencia para realizar sus estimaciones.

La mayor parte de los costos fijos como consumo de energía y servicios, local, gastos administrativos generales son asumidos por el Ministerio de Agricultura. Los demás costos como implementación de equipos y pago de planillas se financian mediante fondos externos.

La factibilidad en términos financieros se justifica en la medida que existan los recursos necesarios para su realización. Se cuenta con financiamiento de organizaciones internacionales interesadas en el alivio de la pobreza y la mejora de las condiciones de vida. Para el caso particular de la Estadística Agropecuaria se tiene el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación "FAO".

3.8.2 Factibilidad técnica.

El factor decisivo para la aplicación de la metodología expuesta es que definitivamente satisface las exigencias del diseño estadístico. Nos permite contar con un Marco de Área "**puro**", en donde tanto las UPM como los segmentos son construidos con criterios objetivos.

La fotointerpretación visual puede ser auditada en gabinete además la codificación y las áreas son resultado del SIG lo que garantiza la imparcialidad en la construcción y un verdadero proceso de selección aleatoria.

La segmentación no se realiza sobre el total de las UPM, esto posibilita el uso de fotografías aéreas o imágenes Spot en áreas menores en donde es muy posible que ya se cuenten con estas fuentes de información, con la consiguiente mejora en la obtención de los segmentos.

Finalmente la agilidad que le da al proyecto el uso de las tecnologías mencionadas posibilita la necesidad de obtener resultados en el corto plazo.

3.8.3 Impacto dentro de la Organización.

El principal impacto positivo ante la ejecución de este proyecto fue el acceso a la tecnología de los SIG y TD que ha permitido que las demás oficinas de la institución se vean favorecidas mediante un soporte tecnológico a su alcance. Otros impactos positivos son la disponibilidad de información y el trabajo coordinado con otras instituciones del sector (Agricultura) y otros sectores incluyendo los gobiernos regionales.

3.9 PROYECTO PILOTO.

En el Cuadro 16 se muestra la conformación de la región natural sierra para el departamento de Huanuco, basados en la información del INEI, con un total de 64 distritos. Por razones de continuidad geográfica e

importancia se incluye el distrito de Huanuco que según el UBIGEO pertenece a la región Selva Alta.

Cuadro 16.		
HUÁNUCO - REGIÓN NATURAL SIERRA		
ÁREA Y NUMERO DE DISTRITOS POLÍTICOS UBICADOS		
PROVINCIA	NUMERO DE DISTRITOS POLITICOS	SUPERFICIE TERRITORIAL Ha
TOTAL	64	2 046 053
HUANUCO	11	402 254
AMBO	8	158 100
DOS DE MAYO	9	143 888
HUACAYBAMBA	4	174 370
HUAMALIES	10	480 150
MARAÑON	3	162 311
PACHITEA	4	262 996
LAURICOCHA	7	186 013
YAROWILCA	8	75 971

Fuente: INEI Departamento de Cartografía y UBIGEO 2003

Elaboración: ENAPROVE SIERRA 2003

En el cuadro 15 se aprecia la conformación del departamento de Huanuco –Región Natural Sierra en función al uso de la tierra.

Cuadro 17.		
DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO – REGIÓN NATURAL SIERRA		
RESULTADO DEFINITIVO DEL III CENAGRO DE 1994		
SUPERFICIE TOTAL DE LAS UUA 883 469 ha (100.00%) incluye la superficie de las UUA del distrito político de Huanuco	SUPERFICIE AGRICOLA 228 308 ha (25.84%)	BAJO RIEGO: 54 776 ha
	SUPERFICIE NO AGRICOLA 655 161 ha (74.15%)	EN SECANO: 173 523 ha
		PASTOS NATURALES: 438 424 ha
		MONTES Y BOSQUES: 94 728 ha
		TODA OTRA CLASE DE TIERRAS: 122 008 ha

Fuente: INEI Departamento de Cartografía y UBIGEO 2003.

Elaboración: ENAPROVE SIERRA 2003

En el Cuadro 18 se muestra la estructura del departamento de Huanuco según los resultados definitivos del Tercer Censo Nacional

Agropecuario levantado el año 1994, a nivel de Parcela, Unidad Agropecuaria, Sector de Empadronamiento Agropecuario “SEA” y Distrito Político.

**Cuadro 18.
DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO – REGIÓN NATURAL SIERRA
RESULTADO DEFINITIVO DEL III CENAGRO DE 1994 SEGÚN PROVINCIA**

PROVINCIA	NUMERO DE DISTRITOS POLITICOS	NUM. DE SEA	NUMERO DE UAAA	NUMERO DE PARCELAS	SUPERFICIE TERRITORIAL Ha (4)	SUPERFICIE TOTAL DE LAS UAAA Ha	SUPERFICIE AGRICOLA Ha
TOTAL	64	869	76 875	199 178	2 046 053	883 469	228 308
HUANUCO (1)(2)	11	239	21 157	46 492	402 254	209 289	58 277
AMBO	8	104	9 072	30 424	158 100	126 781	30 436
DOS DE MAYO	9	76	7 336	21 807	143 888	71 608	22 108
HUACAYBAMBA	4	38	3 493	10 851	174 370	133 920	12 346
HUAMALIES	3	100	3 428	29 344	480 150	42 165	13 942
MARAÑON	10	53	9 561	8 039	162 311	62 972	18 955
PACHITEA	4	88	7 516	12 553	262 996	94 996	21 705
LAURICOCHA	7	73	6 394	15 317	186 013	81 084	26 841
YAROWILCA(3)	8	98	8 918	24 351	75 971	60 650	23 693

(1) Incluye el distrito de Huanuco que según el UBIGEO 2003 pertenece a la región natural selva alta

(2) Incluye el distrito de Pillco Marca creado después de levantado el III CENAGRO de 1994

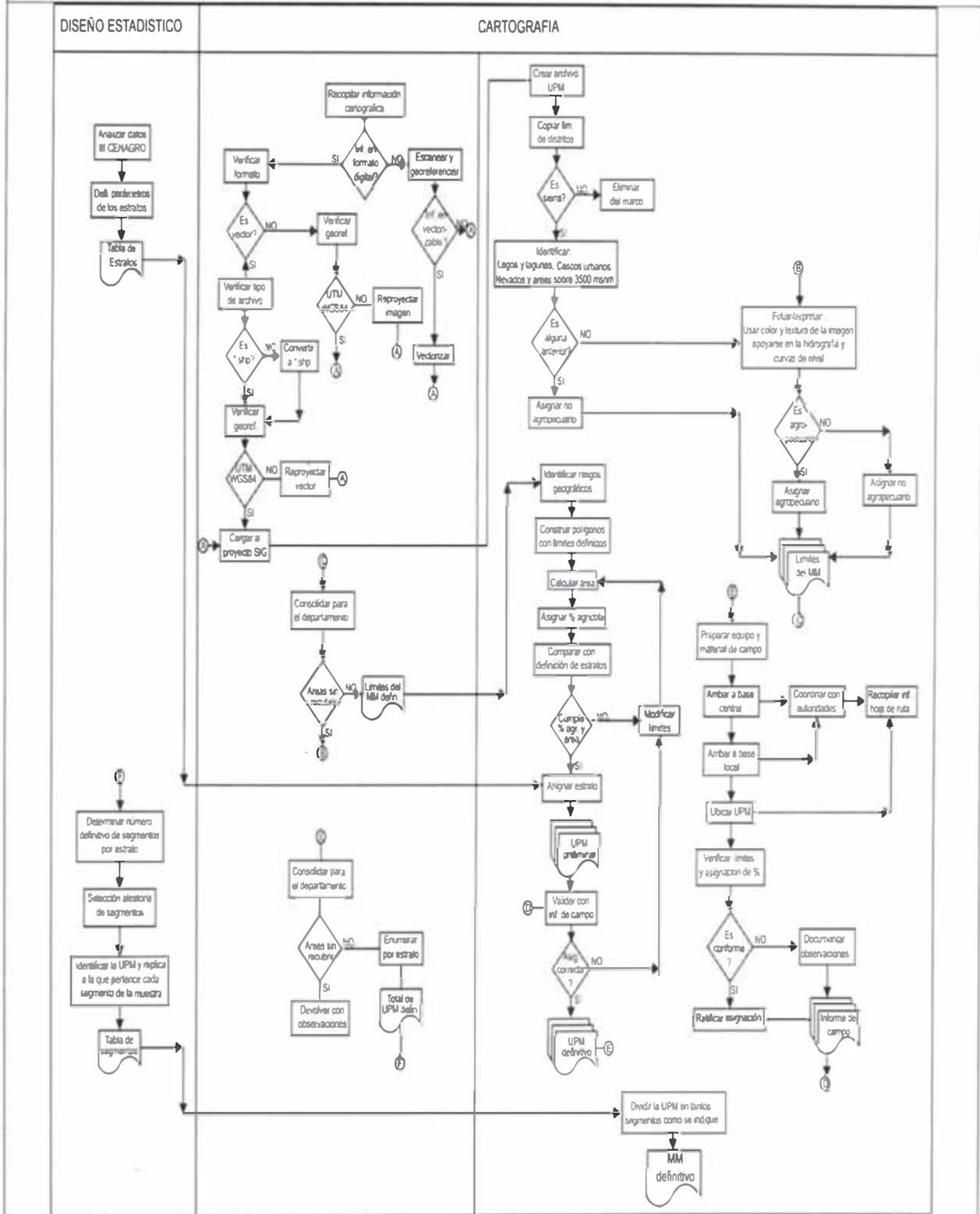
(3) Incluye el distrito de Choras creado después de levantado el III CENAGRO de 1994

(4) Data no captada por el III CENAGRO 1994, proporcionada por el Departamento de Cartografía del INEI

Fuente: INEI Departamento de Cartografía y UBIGEO 2003.

Elaboración: ENAPROVE SIERRA 2003

Figura 14
DIAGRAMA DE FLUJO DETALLADO DEL PROYECTO PILOTO



3.9.1 Definición de estratos para Huanuco

Cuadro 19. CRITERIOS QUE DEFINEN LOS ESTRATOS PARA EL DEPARTAMENTO DE HUANUCO			
Estrato	Especificación	Tamaño de la UPM (ha)	
		mínimo	máximo
A1	De 40% o mas de superficie agrícola	220	550
A2	De 20% a menos de 40% de superficie agrícola	440	1100
A3	De 10% a menos de 20% de superficie agrícola	680	1700
A4	De menos de 10% de superficie agrícola	2560	6400

Fuente: ENAPROVE - SIERRA

3.9.2 Construcción del Proyecto SIG

Para el área piloto de Huanuco se cuenta con **14 cartas nacionales** (17i, 17k, 18i, 18j, 18k, 19j, 19k, 20j, 20k, 20l, 21j, 21k, 21l) y **4 escenas Landsat** (08-66 del 30-06-2001, 08-67 del 18-12-1999, 07-66 del 26-08-2001, 07-67 del 05-08-1999) que cubren el ámbito de estudios, la información digital de los límites políticos departamentales, provinciales y distritales. Se realizó una revisión de los límites del departamento y la actualización de la información vial e hidrográfica, teniendo como base las cartas a escala 1:100.000 y la imagen de satélite de resolución de 15 metros de píxel.

3.9.3 Determinación de los límites del Marco

Consiste en la determinación de las zonas no agropecuario, que incluye los cascos urbanos, bosques, cuerpos de agua, zonas que por su altitud o pendiente pronunciada no se destinan a la actividad agrícola.

Además se consideran los criterios de fotointerpretación visual como el color y la textura en la imagen para determinar las áreas sin actividad agrícola. Este paso representa la primera gran división del territorio en Agropecuario y No Agropecuario.

3.9.4 Construcción de las Unidades Primarias de Muestreo

Con el uso de la imagen y de la cartografía digital disponible se procedió a dividir el área Agropecuaria en unidades más pequeñas cuyos límites están dados por rasgos geográficos identificables (ríos, carreteras, cimas). Estas unidades que están representados por polígonos en el SIG, tienen como propiedad inherente el valor de su superficie que es fácilmente calculado en hectáreas. Otro criterio que esta presente en este paso es la asignación del porcentaje de actividad agrícola.

Hasta este punto se tiene el territorio dividido en unidades cuyo tamaño en hectáreas y porcentaje de actividad agropecuaria se conoce. Con estos dos datos y los parámetros establecidos en el diseño de la muestra se realiza la estratificación del área por usos del suelo.

Es importante mencionar que esta estratificación se realiza por interpretación visual en pantalla.

Los datos se van llenado en la tabla de atributos del archivo UPMSIE. Ver Cuadro 14. El área es calculada por el sistema, y se recalcula cada

vez que se cambia algún límite de la UPM. El número de UPM también es calculado por el sistema mediante un algoritmo, la numeración es independiente para cada estrato. Este algoritmo se basa en una numeración en forma de serpentin iniciando en la esquina superior e incrementando su número hacia abajo.

3.9.5 Validación de la información en campo

Una vez definidas, según estos criterios, las UPMs, los resultados con la información temática correspondiente a cada UPM son validados. Para esto se llevó a cabo un trabajo de verificación en campo durante 14 días. Esta verificación la realizó el mismo equipo de fotointerpretación. Cada grupo realizó la verificación sobre el área que foto interpreto previamente en gabinete y determino aquellos casos en los cuales era más necesaria la verificación de campo dándole prioridad a aquellas zonas donde se presentaba mayor incertidumbre por ejemplo en los siguientes casos:

- Zonas en las cuales el color y textura indicaban la presencia de actividad agrícola pero que estaban a una altitud mayor a los 3500msnm.
- Zonas en las cuales el color y textura indicaban la presencia de actividad agrícola pero que presentaban pendientes muy pronunciadas.
- Zonas colindantes a bosques tropicales y a bosques de altura.

- Zonas de las cuales se tenía referencia de presencia de actividad agrícola pero que no se reflejaban en la imagen.

Los resultados de la interpretación en gabinete y los resultados de la verificación en campo son consignados en campos de la tabla de atributo del archivo de UPMs, los cambios son documentados brevemente en otro campo adicional.

Una vez definidas, según estos criterios, las UPMs, los resultados con la información temática correspondiente a cada UPM fueron entregados al equipo de estadística para su evaluación.

Adicionalmente se obtiene información en campo referente a las facilidades logísticas, como son la accesibilidad, la disponibilidad de movilidad y hospedaje, las distancias tiempos y rutas. Las coordinaciones con entidades del sector y con otro tipo de entidades, que facilitan o podrían facilitar eventualmente el trabajo del equipo de cartografía y de encuesta.

3.9.6 Consolidar las UPM

Como los procesos anteriores son realizados por varios grupos de trabajo a los cuales se les asigno un número determinado de provincias es necesario hacer una consolidación de la información. Esta tarea consiste en juntar todas las partes en un archivo consolidado.

Sobre este archivo consolidado se realiza la enumeración de las UPM. Este consiste en enumerar en orden correlativo a su aparición en el mapa, desde el extremo noroeste hacia el sur y el este. Siguiendo un algoritmo de enumeración denominado serpentín. Este algoritmo ya está implementado mediante un programa de aplicación en el software SIG.

3.9.7 Trabajo de campo

Para el trabajo de campo se dividió al personal de cartografía en 6 grupos, que se distribuyeron entre las diferentes provincias. Las actividades que se realizaron para alcanzar los objetivos propuestos en el plan de trabajo son los siguientes:

- Presentación ante las Autoridades regionales del Ministerio de Agricultura, para exponerle el plan de acción.
- Coordinación con las autoridades militares y policiales.
- Trabajo de campo en los distritos de la región sierra de Huanuco.
- Se realizaron las coordinaciones para determinar la mejor forma de acceder a las UPM desde la ciudad de Huanuco.
- Cada grupo viajó al centro poblado más cercano a las UPMs que se les había asignado.
- Identificación de las facilidades logísticas de hospedaje, alimentación y movilidad.

- El desplazamiento a las UPMs, se realiza por diferentes medios dependiendo de la disponibilidad de movilidad en el lugar: camioneta, acémila o a pie.
- Reconocimiento en campo con la finalidad de verificar las características del uso de la tierra, en las áreas donde se tenga discrepancias y correlacionarla con la interpretación visual hecha en el archivo geográfico.
- Elaboración de hojas de ruta. Las Hojas de ruta son cuadros descriptivos que contienen información de las vías de comunicación, medios de transporte, hospedaje y otras facilidades logísticas.

Cuadro 20.			
VIAS DE ACCESO			
Origen	Destino	Distancia (Km)	Tiempo
VIA HUÁNUCO – RANCHO – PANAÓ –CHAGLLA			
Huanuco	La Esperanza	4.40	2 horas
	Santa María del Valle	11.40	
	Taruca	13.40	
	Peaje (Chullqui)	17.40	
	Rancho (Desvío Pano)	20.90	
	Yanamayo	27.84	
	Cabracancha	31.15	
	Tambillo	35.90	
	La Punta	45.90	
	Molinos	58.90	
	Pano (Cap de Pachitea)	62.90	
Ñacuy	72.40		
Chaglla	81.90		
VIA HUÁNUCO – LLICLLATAMBO – CARAMARCA – HUARIN – JESUS - CAURI			
Huanuco	Licllatambo	65.50	3 horas 30 min.
	Desvío Huarin – Camiri	65.80	
	Chacabamba	72.30	
	Choras	75.30	
	Chinchas	80.40	
	Caramarca	83.60	
	Huancabamba	86.00	
	Huarin	96.80	
	Puente Lauricocha (Desvío Baños)	102.10	
	Jivia	107.60	
	Jesús (Cap. De Lauricocha)	123.60	
	S.M. Cauri	134.60	

Cuadro 21.						
MOVILIDAD DISPONIBLE						
Provincia	Capital	Distancia desde Huanuco	Movilidad de ruta		Movilidad Trabajo de campo	
			Tiempo Horas	Costo s/.	De la zona	De Huanuco
Huanuco	Huanuco	-	-	-	-	Auto S/. 110
Pachitea	Pano	62.90	02:00	10.00	Auto doble cabina S/. 120 en la zona de trabajo	Auto S/. 130
Yarowilca	Chavinillo	71.80	02:45	25.00	Ruta Huanuco-La Unión. S/. 110	Auto S/. 130
Dos de Mayo	La Unión	137.00	05:00	25.00	Ruta Huanuco-La Unión. S/. 110	Auto S/. 140
Lauricocha	Jesús	123.60	03:30	20.00	Ruta Huanuco-Jesús	Auto S/. 130
Ambo	Ambo	23.80	00:45	7.00		Combi S/. 120
Huamalíes	Llata	171.90	08:00	35.00	Ruta Huanuco-La Unión. S/. 130	Auto S/. 140
Huacaybamba	Haaybamba	-	-	-	Ingreso por Huaraz – Ancash	-

Cuadro 22. HOSPEDAJE Y SEGURIDAD			
Provincia	Capital	Hospedaje	Observaciones
Huanuco	Huanuco	HOSTAL TOURS ASYSA HOSTAL	DIA Huanuco Sede Operativa. Comunicación por radio frecuencia 7785.
Pachitea	Panao	HOSTAL JOSE ANTONIO HOSTAL MUNICIPAL	Zona de fácil acceso y sin problemas de seguridad
Yarowilca	Chavinillo	HOSTAL SAN JUAN	Zona con problemas de seguridad, no recomendable circular en horas de la tarde, continuos asaltos.
Dos de Mayo	La Unión	HOTEL TURISTICO ABELIA ALVARADO	Zona con problemas de seguridad, no recomendable circular en horas de la tarde, continuos asaltos.
Lauricocha	Jesús	HOSTAL MUNICIPAL	Zona PELIGROSA serios problemas de seguridad, no recomendable circular a partir del medio día.
Ambo	Ambo	HOSPEDAJE Y RESTAURANTE AMAZON PARADISE	Zona de fácil acceso y sin problemas de seguridad

3.9.8 Selección de segmentos

Primero se realiza el calculo del número de segmentos para cada UPM dividiendo el tamaño de la UPM entre el tamaño optimo del segmento y redondeando el resultado. Se calcula el **número de segmentos para todas las UPM** dentro de cada estrato y se suman estos resultados para obtener la cantidad preliminar de segmentos.

Se determina el número de zonas y el intervalo de cada una de ellas para cada estrato. En cada zona de cada estrato se seleccionan seis números al azar y con reposición. El resultado de esta selección al azar determina la **ubicación del segmento seleccionado** dentro del

acumulado, con este dato se determina la UPM que contiene al segmento.

3.9.9 Construcción de los SEGMENTOS

Con los parámetros antes mencionados: ***número de segmentos para todas las UPM y ubicación del segmento seleccionado*** se construye el directorio de SEGMENTOS, el objetivo de este paso es obtener unidades que representen a las UPM y que tengan una superficie sustancialmente menor, lo que permita la aplicación de la encuesta.

Cuando la imagen de satélite no permite la identificación de rasgos más detallados que permitan segmentar la UPM se hace uso de fotografías aéreas o se realiza la segmentación en campo con la ayuda de GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

3.9.10 Preparación de material para la encuesta

En la presente tesis no se aborda el tema de ejecución de la encuesta debido a que se ha planificado llevarla a cabo con mucha posterioridad, sin embargo si se tratan aquellos temas que tienen relación con la información generada en los procesos para la Construcción del Marco Muestral.

Para la ejecución de la encuesta se han preparado materiales cartográficos que facilitaran la labor de los coordinadores y de los encuestadores. Estos materiales se detallan a continuación:

- 1. Mapa del segmento;** Formato que incluye las porciones de imagen de satélite, fotografía aérea y Carta Nacional. Este formato además incluye información de área, perímetro, número estimado de unidades agropecuarias, algunos puntos de interés como centros poblados, puentes u otros hitos y puntos definidos por sus coordenadas geográficas.

Se ha preparado un mapa para cada uno de los segmentos de la muestra. Cada mapa está identificado con el nombre de archivo que coincide con el código del segmento. Los mapas se elaboran en ArcGIS y se exportan a formato PDF para su fácil reproducción.

- 2. Mapa General;** Formato que incluye la información física política (Límites departamental, provincial, distrital. Centros poblados, Ríos, etc.), El ámbito de la región sierra para el departamento, las unidades primarias de muestreo.

Se ha preparado un mapa para todo el departamento, las unidades primarias de muestreo se diferencian por su color en el mapa. Para A1: Verde oscuro, A2: Verde claro, A3: Celeste muy claro y NA: Gris claro (NA=No agropecuario).

Este mapa muestra la distribución de las muestras y sirve para planificar los grupos de encuestadores y las cargas de

trabajo. Sobre este mapa el responsable de la coordinación de la encuesta hace varias anotaciones y modificaciones.

- 3. Hojas de ruta;** Este formato es similar (pero mas detallado) a los que se muestran en los Cuadros 20, 21 y 22, que son cuadros preliminares. Se elaboran para cada segmento de la muestra. Para cada caso se elabora un croquis de ubicación.

3.9.11 Presentación de resultado

Los resultados de la Construcción del Marco de Área se tienen a nivel de departamento, provincia y distrito. Para el caso de las Encuesta Agropecuaria "ENAPROVE" el análisis e inferencia se realiza a nivel de departamento.

El cuadro 23 muestra un resumen de la cantidad de UPM y las estimaciones área agropecuaria y área agrícola obtenidas para el departamento de Huanuco.

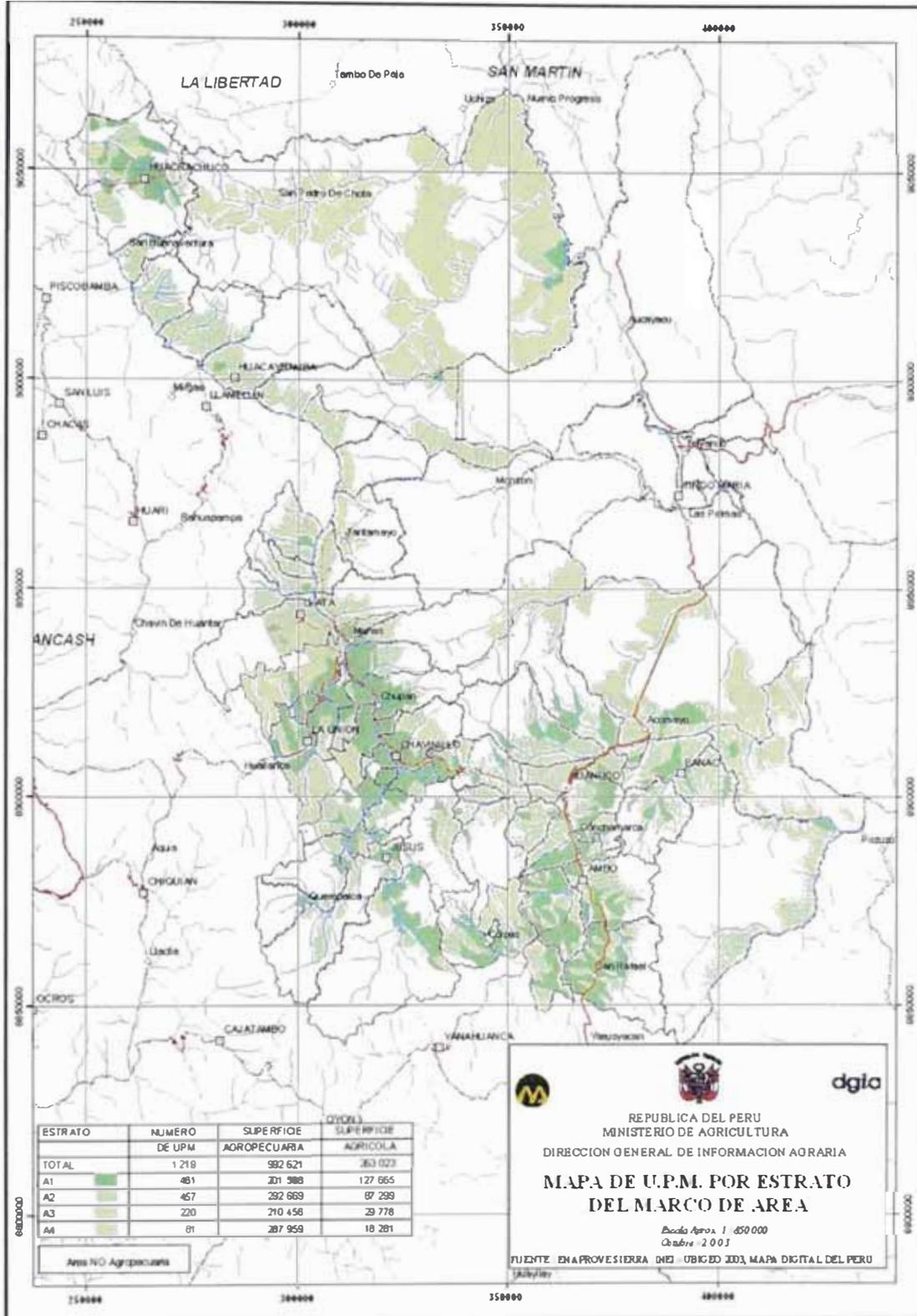
Cuadro 23.
RESULTADOS DE LA CONSTRUCCION DEL MARCO MUESTRAL
DE AREA
REGION SIERRA DEL DEPARTAMENTO DE HUANUCO

PROVINCIA	DISTRITO	CANTIDAD UPM	AREA AGROPECUARIA (ha.)	AREA AGRICOLA (ha.)
TOTAL DEPARTAMENTO		1219	992621	263023
HUANUCO	AMARILIS	28	9908	5148
	CHINCHAO	58	65168	12423
	CHURUBAMBA	32	23599	5950
	HUANUCO ¹	17	9441	2057
	MARGOS	15	8223	2251
	PILLCO MARCA ²	11	6183	2097
	QUISQUIS	20	10386	2698
	SAN FRANCISCO DE CAYRAN	13	7618	2262
	SAN PEDRO DE CHAULAN	12	6078	1499
	SANTA MARIA DEL VALLE	44	24578	8150
	YARUMAYO	11	5026	1553
TOTAL PROVINCIA		261	176207	46089
AMBO	AMBO	34	19074	8448
	CAYNA	16	15504	3529
	COLPAS	20	12765	5295
	CONCHAMARCA	20	9127	4044
	HUACAR	49	23758	11623
	SAN FRANCISCO	19	11824	3691
	SAN RAFAEL	45	24070	11797
	TOMAY KICHWA	8	3398	1779
	TOTAL PROVINCIA		211	119520
DOS DE MAYO	CHUQUIS	18	10022	4481
	LA UNION	17	15168	3701
	MARIAS	8	18183	2435
	PACHAS	24	24610	6282
	QUIVILLA	6	3403	1518
	RIPAN	14	7634	2862
	SHUNQUI	8	3265	1826
	SILLAPATA	15	6717	3144
	YANAS	7	3727	2308
TOTAL PROVINCIA		117	92729	28558
HUACAYBAMBA	CANCHABAMBA	15	11275	2212
	COCHABAMBA	24	26903	4616
	HUACAYBAMBA	14	10651	2093
	PINRA	17	15389	2914
	TOTAL PROVINCIA		70	64219

Cuadro 21 (continuación)
RESULTADOS DE LA CONSTRUCCION DEL AMRCO MUESTRAL
DE AREA
REGION SIERRA DEL DEPARTAMENTO DE HUANUCO

HUAMALIES	ARANCAY	6	6775	1332
	CHAVIN DE PARIARCA	7	6639	1969
	JACAS GRANDE	8	7842	1457
	JIRCAN	5	4094	644
	LLATA	22	16286	3597
	MIRAFLORES	10	6393	1562
	PUNCHAO	5	3571	808
	PUNOS	8	5862	1645
	SINGA	16	11583	2495
	TANTAMAYO	6	7754	890
	TOTAL PROVINCIA	93	76798	16398
MARANON	CHOLON	56	199750	14725
	HUACRACHUCO	52	31421	12632
	SAN BUENA VENTURA	9	5849	1457
	TOTAL PROVINCIA	117	237019	28814
PACHITEA	CHAGLLA	35	35949	5574
	MOLINO	19	10681	3357
	PANAO	56	40955	11112
	UMARI	20	14395	4859
	TOTAL PROVINCIA	130	101980	24901
LAURICOCHA	JESUS	21	15002	4934
	BAÑOS	9	5627	1523
	JIVIA	9	4321	1715
	QUEROPALCA	4	1620	666
	RONDOS	20	12277	5275
	SAN FRANCISCO DE ASIS	9	5167	2309
	SAN MIGUEL DE CAURI	33	17953	8227
	TOTAL PROVINCIA	105	61968	24649
YAROWILCA	APARICIO POMARES	20	9907	6193
	CAHUAC	8	3010	1917
	CHACABAMBA	3	1638	1043
	CHAVINILLO	24	14995	6468
	CHORAS ³¹	13	6292	3736
	JACAS CHICO	12	6900	3076
	OBAS	21	12162	6028
	PAMPAMARCA	14	7276	3110
	TOTAL PROVINCIA	115	62180	31572

Figura 15
DEPARTAMENTO DE HUANUCO – SIERRA
MAPA DE UPM's POR ESTRATO



CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION

4.1 ESTRATEGIA DEL NEGOCIO

Basar el desarrollo estadístico en el uso intenso e integrado de métodos muestrales y de acuerdo a las condiciones específicas de cada región, mediante actividades permanentes de generación y actualización de marcos estadísticos de área y lista y directorios de empresas y establecimientos agropecuarios.

4.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO

Oportunidades

- Apoyo técnico y financiero de Instituciones internacionales como FAO y el BID.
- Intención del gobierno central y los gobiernos regionales por mejorar las condiciones de vida de la población.
- Intención de impulsar el agro.

- Reducción de los costos para el acceso a las Tecnologías de Información.
- Existencia de información dispersa en instituciones del estado.
- No existen instituciones privadas interesadas en la generación de información agropecuaria, debido a la ausencia de utilidad económica directa en el corto plazo.

Amenazas

- Con la creación y fortalecimiento de las regiones existe el riesgo de desarticulación del sistema estadístico centralizado.
- Inestabilidad y cambio en las políticas de estado.

4.3 ANÁLISIS INTERNO: MODELO DE LA CADENA DE VALOR

"El concepto de cadena de valor distingue entre dos tipos de actividades básicas en toda empresa: Las "de línea" o "básicas", normalmente representadas en la parte inferior del esquema y que tienen que ver directamente con la creación de valor, y las de "soporte", en las que las anteriores se apoyan para coordinarse, compartir información, etc.

Las actividades primarias del negocio son:

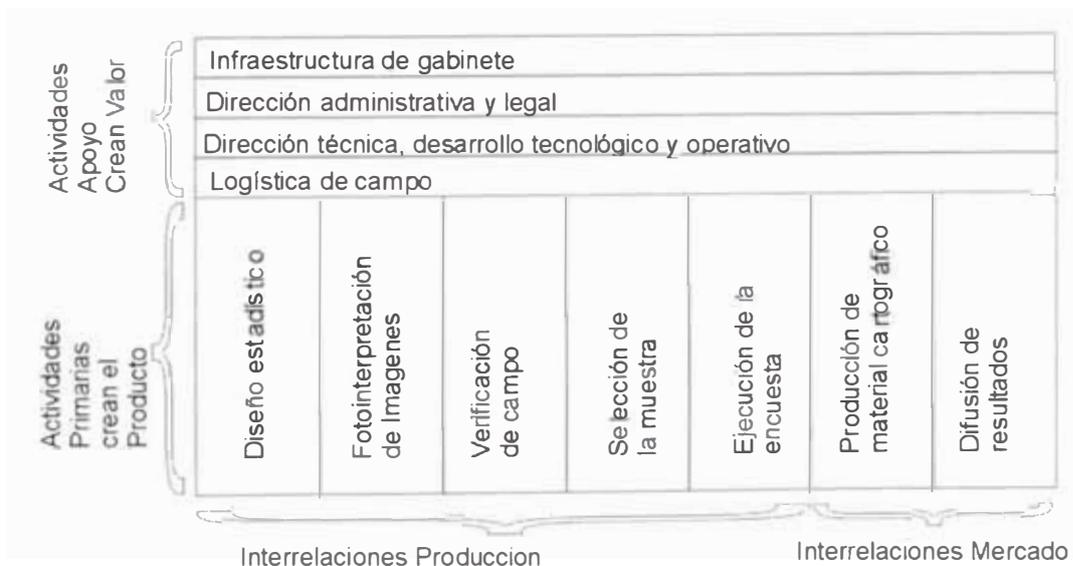
1. Diseño estadístico
2. Construcción de las Unidades Primarias de Muestreo (UPM)

3. Verificación de campo
4. Producción de material cartográfico
5. Estratificación definitiva del departamento a nivel de UPM's
6. Construcción de las USM's (Segmentos)
7. Selección de la muestra

Las actividades de apoyo, que crean valor son:

1. Infraestructura de oficina
2. Dirección administrativa y legal
3. Dirección técnica, desarrollo tecnológico y operativo
4. Logística de campo

Figura 17
CADENA DEL VALOR



Fortalezas y Debilidades

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	FORTALEZAS	DEBILIDADES	ESTRATEGIA
1. Diseño Estadístico	<p>Consiste en determinar los parámetros de los estratos, a partir de los datos disponibles. Se obtuvieron 4 estratos con tamaños mínimos y máximos y porcentaje de actividad agrícola.</p> <p>En las imágenes de satélite, se hace la delimitación de las áreas agropecuarias georeferenciadas las mismas que son ajustadas y verificadas paulatinamente a nivel de distrito. De este proceso se excluyen las áreas no agropecuarias.</p> <p>Para cada UPM del marco de áreas se verifica: Que tenga límites identificables y reconocibles en el campo a través de la interpretación de imágenes satelitales.</p> <p>Que tenga una proporción de tierra cultivada que caracteriza al estrato que pertenece</p> <p>Que tenga una superficie en rangos establecidos</p>	<p>Es fácil de realizar en gabinete utilizando el III CENAGRO.</p> <p>A través de la fotointerpretación se logrará una estratificación ajustada a los pisos ecológicos predominantes. La superficie agropecuaria de cada UPM se mide en forma objetiva y automática con el uso de software. Se generan estratos con alta homogeneidad entre UPM's del mismo estrato</p> <p>El MINAG tiene presencia en la mayoría de zonas del país.</p>	<p>Es una estratificación muy gruesa de grandes unidades.</p> <p>Está supeditada a la calidad de las imágenes disponibles</p> <p>La identificación de los límites de las UPM's está supeditada a la calidad de la fotointerpretación</p> <p>La superficie agrícola por UPM no se mide en forma objetiva.</p>	<p>Aplicar el criterio de personal que conoce las zonas de estudio.</p> <p>Contar con personal idóneo para la interpretación. Utilizar todas las imágenes satelitales disponibles. Realizar trabajo de campo para</p>
3. Verificación de campo	<p>Para garantizar que la fotointerpretación ha sido hecha de manera correcta, y debido a que puede haber cambios que no se reflejen claramente en las imágenes se realiza la verificación de campo. Esta actividad de campo sirve además para conocer las zonas de trabajo y elaborar las hojas de ruta para la encuesta.</p>		<p>Falta de apoyo de parte de la comunidad, incluso puede haber rechazo. Falta de logística propia. El clima</p>	<p>Aprovechar los contactos con autoridades y representantes del MINAG. Elegir las épocas de poca lluvia.</p>

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	FORTALEZAS	DEBILIDADES	ESTRATEGIA
4. Producción de material cartográfico	Elaborar e imprimir mapas.	Se cuenta con el personal y equipos necesarios.	Burocracia demora la adquisición de insumos (papel y tintas)	Prever las necesidades de insumo y realizar los pedidos con mucha anticipación.
5. Estratificación definitiva del departamento a nivel de UPM's	Con los datos recopilados en campo se corrige las UPM preliminares. Para cada estrato: Se determina el tamaño óptimo del segmento Se calcula el número de segmentos correspondientes, considerando en promedio 10 UA por segmento. Se calcula el tamaño de muestra de segmentos con un aproximado al 2 por ciento de los segmentos formados.	Se cuenta con información de primer orden. La enumeración de las UPM es automatizada. Los cálculos de áreas son automatizados.	Existen casos en que no se puede realizar la verificación de campo. Solo es posible realizar los cálculos de tamaño de muestra una vez culminado el marco de áreas para todo el departamento.	Utilizar toda la experiencia en campo para la creación de patrones a utilizar en las zonas no visitadas.
6. Construcción del Marco Muestral de USM's (Segmentos de área)	Se determina el número de segmentos por cada UPM. Cada UPM seleccionada se partirá en segmentos de área con límites físicos reconocibles en campo y con numeración correlativa serpenteante.	Sólo se requiere segmentar las UPM's seleccionadas	Es difícil la labor en gabinete para establecer los límites físicos reconocibles del segmento en el terreno.	Capacitar a los cartógrafos en el trabajo de segmentación Realizar una segmentación piloto en campo. Utilizar cartografía complementaria
7. Selección de la muestra	En cada estrato: Se seleccionan UPM's con probabilidades Proporcional al número de segmentos de la UPM En cada UPM selecciona se elige un segmento al azar. Se toma 6 réplicas independientes de igual tamaño.	Se genera una muestra representativa de UPM's Las réplicas permiten una reducción, ampliación o rotación posterior de la muestra Se puede realizar la selección fácilmente y en gabinete	La representatividad de la UPM a través del segmento depende de la calidad de la segmentación.	Capacitar a los cartógrafos en el trabajo de segmentación Realizar una segmentación piloto en campo.

Fuente: ENAPROVE SIERRA

Elaboración ENAPROVE SIERRA, adaptación del autor

4.4 IMPACTO DEL PROYECTO.

En general el impacto del proyecto ha sido favorable, específicamente se pueden mencionar los siguientes:

- Fortalecimiento institucional de la DGIA ya que se han integrado equipos hardware, software y personal dedicado al uso de tecnologías de las que antes no se disponía.
- Disponibilidad de información de base, y atención a consultas de otras oficinas e instituciones dentro y fuera del sector.
- Las actividades de campo han permitido hacer presencia en representación del Ministerio de agricultura en zonas donde actualmente no figuraba.
- Aparición de nuevos paradigmas y nuevos enfoques para afrontarlos.

Como resultado del uso de tecnologías basados en Sistemas de información Geográfica y Teledetección:

- Obtención de nuevas fuentes de información de interés que incluyen las imágenes de bastos territorios.
- Creación de procedimientos para la obtención y actualización de las capas de información disponibles.

- Creación de procedimientos que permite la ubicación en el mapa de la información contenida en las Base de Datos de los Sistemas Informáticos.
- Creación de procedimientos para representar sobre los mapas posiciones a partir de las señales emitidas por GPS.
- Creación de procedimientos que permiten mejorar el trabajo con los mapas en las aplicaciones.

Estos resultados han aportado:

- Aumento en la seguridad de operación de la información ya que se introducen nuevos elementos en las bases informativas que norman el estado de la información para poder ser representada en mapas, ubicación geográfica.
- Aumento en las posibilidades funcionales en los Sistemas Informativos debido a que en las aplicaciones donde se utilizan los mapas, estos constituyen el ambiente sobre el cual interactúan la información con los objetos en el mapa, permitiendo que los usuarios trabajen totalmente desde este ambiente gráfico. En este ambiente se mezcla la información con imágenes y otros elementos que aumentan el nivel de información brindado.
- Aumento en la efectividad del análisis de información ya que sobre el mapa se puede visualizar la información que se

encuentran en las Bases de Datos y otras informaciones complementarias como pueden ser características de lugares de interés. Todas estas informaciones se pueden poner y quitar sobre el mapa con mucha facilidad, lo que hace que el trabajo tanto informativo como el representado sea muy dinámico.

- Aumento en la operatividad de respuesta. El empleo de los mapas digitales tanto en las aplicaciones como en los mapas impresos hace que se obtengan los resultados deseados en un tiempo breve, lo cual permite el análisis y el conocimiento de la situación un lapso breve de tiempo y con la calidad necesaria para poder tomar decisiones.
- Más conocimiento y dominio del trabajo. Con los mapas digitales se amplía el caudal de información a analizar, lo que permite hacer una valoración mucho más precisa teniendo todos los elementos informativos representados que provocará que se tomen decisiones más profesionales.
- Reducción de tiempo, ya que el uso de esta nueva tecnología logra reducir los tiempos de confección de mapas, el tiempo de análisis de información y el de toma de decisiones.
- Reducción de gastos materiales. Como el proceso de preparación de los mapas es muy dinámico, lo que permite realizar actualizaciones de forma casi inmediatas, se logran imprimir solamente los mapas en casos eventuales. Las

aplicaciones sobre los mapas digitales ha logrado disminuir la impresión de mapas ya que no hace falta hacer análisis de situaciones directamente sobre papel.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Dada la amplitud del ámbito y la poca información automatizada disponible el uso del Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección, se propuso desde un principio como la mejor opción a aplicar.
2. En términos de tiempo, recursos económicos y resultados obtenidos, la metodología aplicada demostró ser la más idónea en relación con otras alternativas mencionadas inicialmente.
3. Las imágenes de satélite Landsat ETM+ disponibles, resultaron ser un insumo determinante y la fotointerpretación visual de las mismas una herramienta eficiente para la delimitación de UPM.
4. Debido a que la dinámica agrícola de la Sierra no es muy variable la fotointerpretación de imágenes de los años 2000 y 2001 representaban en la mayoría de los casos el estado actual del

territorio. En aquellos casos en los que se presentaron cambios estos se detectaron en la verificación de campo.

5. La metodología aplicada permite un control satisfactorio de los límites espaciales y la superficie contenida tanto en las Unidades Primarias de Muestreo (UPM) como en las Unidades Secundarias de Muestreo (USM o segmentos).
6. Las unidades primarias de muestreo (UPM) que se construyeron a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales fueron muy homogéneas en cuanto a su estructura y superficies involucradas, por tanto a través de este método, se lograrán obtener todas las ventajas de una adecuada estratificación de UPM's.
7. La integración de los Sistemas de Información Geográfica para estudios estadísticos, se constituye en una herramienta eficaz no solo en la construcción del marco muestral sino en el diseño de las encuestas y la planeación de operativos de campo con una reducción considerable de costos.
8. Dada la variedad y el volumen de información que se representan en mapas, el empleo de esta tecnología, amplía enormemente las posibilidades para realizar trabajos con mayor calidad, con menos gastos de recursos, y con más eficiencia.
9. El trabajo de verificación de campo permite validar y corregir la fotointerpretación visual. La experiencia en campo mejora el criterio del fotointérprete lo que incrementa la calidad de la fotointerpretación.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Someter los resultado a procesos objetivos de evaluación lo más riguroso posible y adecuados a los niveles de información geográfica actualmente disponibles, el que cumplan con los estándares actuales para la generación de información geográfica permitirá utilizar el Marco de Área resultante para propósitos mas amplios y variados además de la encuesta agropecuaria.
2. Se recomienda adquirir imágenes de mayor resolución e imágenes de fechas mas recientes esto ayudara a mejorar los resultados de la fotointerpretación y reflejara una mayor coincidencia con la realidad actual en el terreno.
3. Personalizar las interfaces de uso de las herramientas SIG y TD mediante el uso de herramientas de desarrollo de software, esto ayudara en agilizar los proceso repetitivos y permitirá a los especialistas poner mas énfasis en la fotointerpretación visual.
4. Avanzar en el uso de clasificación automatizada de imágenes, para lo cual se debe de aprovechar las salidas de campo para la toma del mayor número de muestras patrón.

BIBLIOGRAFIA

Encuestas agrícolas con múltiples marcos de muestreo, Volumen I, Encuestas basadas en métodos de muestreo de áreas y explotaciones. Colección FAO: Desarrollo Estadístico 7. 1996.

Metodología para la Recopilación de la Información Agrícola. Dirección General de Información Agraria. 2000.

The SDI Cookbook Versión 2.0. Douglas D Nebert. Abril 2001.

System Design Strategies. Dave Peters. Julio 2002.

Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Francisco Alonso Sarría.

El Potencial de Exportación Agrícola. Charles Morin Labrousse. ASPA, Asociación de Promoción Agraria. Octubre 1997.

Sembrando descentralización y concertación. Luis Guerrero Figueroa. Fondo Editorial del Congreso. Serie Documentos Parlamentarios. Abril 2002.

Estrategia y Sistemas de Información, Segunda Edición. Rafael Andreu, Joan E. Ricart, Joseph Valor. Serie McGraw-Hill de Management. 1996.

Economía del Medio Ambiente, en América Latina. Segunda Edición. Juan Ignacio Varas. Alfaomega, Ediciones Universidad Católica de Chile.1999.

La gestión de micro cuencas, una estrategia para el desarrollo sostenible en las montañas del Perú, Ccta - Coordinadora de ciencia y tecnología de los andes

The Michael Porter Trilogy, Competitive Strategy, Competitive Advantage, the Competitive Advantage of Nations Michael E porter

Consultoría para el Diagnóstico base para el sistema de Información Agraria - Informe Final. Luis Masías Echegaray. Ministerio de Agricultura.