

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA (SIG)
COMO HERRAMIENTA PARA LA
CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE
“TERROIRS” VITÍCOLAS
EN LOS ALREDEDORES DE
COLONIA DEL SACRAMENTO

por

Mario Aldo MICHELAZZO BAUDÍN

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias
Opción Ciencias Vegetales

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

AGRADECIMIENTOS

Al la Facultad de Agronomía (Universidad de la República) por permitirme realizar este posgrado.

A los colegas de la Cátedra de Vitivinicultura que me dieran la oportunidad de participar en el Proyecto de “Terroirs” y especialmente al Ing. Agr. Gerardo Echeverría, quién me confiara la tarea de la implementación de un sistema de información geográfico y la oportunidad de capacitarme en esta área del conocimiento.

A mis directores de tesis Juan Hernández y Milka Ferrer

A mi familia, que ha sido paciente en los muchos fines de semana que le he destinado a esta tarea.

Al estimado amigo y colega Álvaro Califra por su invaluable ayuda en aspectos relacionados a la edafología.

A mis compañeros de posgrado generación 2004 y a todos aquellos que de una u otra forma me han dado su apoyo para concluir esta maestría.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo, es la delimitación y caracterización de “terroirs” vitícolas en los alrededores de la ciudad de Colonia del Sacramento, utilizando como herramienta informática, un Sistema de Informaciones Geográfica (SIG).

Para ello, se mapeo la distribución espacial de distintas variables (cuali y cuantitativas) correspondientes a los factores biofísicos y climáticos que afectan al funcionamiento de la vid y determinan la calidad de racimos, bayas y vinos, los factores sociales e históricos no fueron ingresados al SIG.

Las consecuencias de estos factores y aspectos sociales sobre el cultivo y sus productos enológicos, Vaudour (2002) los denomina efecto “terroir” y al área delimitada, según una tipicidad enológica dada, una Unidad Territorial Vitícola (UTV) o “terroir” vitícola. En el Uruguay, no se registraban antecedentes de diseño y utilización de SIG para delimitar “terroirs” vitícolas. Esta investigación, corresponde a la etapa previa de la validación vitícola necesaria de las unidades homogéneas aquí caracterizadas y cartografiadas, para obtener UTV. El abordaje teórico aplicado fue por análisis espacial de pedopaisajes según la metodología descrita por Vaudour (2002). Estas unidades de pedopaisaje fueron cartografiadas y caracterizadas utilizando un Sistema de Informaciones Geográfico, a través de la aplicación de operadores geográficos zonales (Barbosa et al. 1998) utilizando el lenguaje de programación LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico; Câmara, 1995; Barbosa, y Cordeiro, 2001.). El software utilizado fue el SPRING (Sistema de Procesamiento de Informaciones Georreferenciadas, Câmara et al. 1996). Se usaron modelos digitales de terreno, mapas geológicos, edáficos, hidrológicos, catastrales, de caminería e imágenes satelitales CBERS CCD y fotos aéreas. Se hicieron muestreos geológicos y edafológicos, que fueron georreferenciados con GPS. Se delimitaron dos UTV o “terroirs”, que deberán ser validados en el futuro con ensayos de tipificación sobre las parcelas vitícolas. El SIG demostró ser una herramienta adecuada para realizar este tipo de delimitación y caracterización.

Palabras claves: Unidad de pedopaisaje, “terroir”, georreferenciación, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

The objective of this work is the delimitation and characterization of viticultural “terroirs” in the area round the city of Colonia del Sacramento, using a Geographic Information System (GIS) as a computer tool. To this end, the spatial distribution of different variables (qualitative and quantitative) corresponding to climatic and biophysical factors that affect the grapevine performance and determine the quality of bunches, berries and wines was mapped. Social and historical factors were not entered into the GIS.

The consequences of these factors on viticulture and its oenological products are called the “terroir” effect, and the delimited area, according to a given oenological typicity, is called a Viticultural Regional Unit (UTV, by its acronym in Spanish) or viticultural “terroir” by Vaudour (2002).

In Uruguay there were no records of GIS design and use to delimit viticultural “terroirs”. This research covers the prior stage of necessary viticultural validation of the homogeneous units characterized and mapped herein in order to obtain UTV. The applied theoretical approach was through the spatial analysis of pedolandscape according to the methodology described by Vaudour (2002). These pedolandscape units were mapped and characterized using a Geographic Information System, through the application of zonal geographical operators (Barbosa et al. 1998), using the programming language LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico; Câmara, 1995; Barbosa y Cordeiro, 2001.). The software used was SPRING (Georeferenced Information Processing System, Câmara et al. 1996). Digital terrain models, geological, edaphic, hydrological, land registry, road maps, Landsat TM, CBERS CCD satellite images, and aerial photos were used. Geological and edaphological samplings georeferenced by GPS were performed. Two UTV or “terroirs” that will have to be validated in the future with typification assays on viticultural pieces of land were delimited. The GIS proved to be an adequate tool to perform this type of delimitation and characterization.

Keywords: Pedolandscape unit, “terroir”, georeferencing, geographic information system.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	II
<u>RESUMEN</u>	III
<u>ABSTRACT</u>	IV
<u>LISTA DE TABLAS FOTOS Y FIGURAS</u>	IX
1.- <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1.- EL CONTEXTO DEL TRABAJO.....	1
1.2.- OBJETIVOS.....	2
2.- <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1- “TERROIR“ VITÍCOLA O UNIDADES TERRITORIALES VITÍCOLAS.....	4
2.1.1.- <u>Definición de “terroir”</u>	4
2.1.2.- <u>Aspectos generales de un “terroir “ vitícola</u>	5
2.2.- FACTORES INVOLUCRADOS EN LA DELIMITACIÓN DE “TERROIRS”.....	6
2.3.- CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN ESPACIAL DE UNIDADES DE “TERROIR” VITÍCOLAS O “TERROIR”	7
2.3.1.- <u>Métodos para delimitar zonas homogéneas</u>	12
2.3.1.1.- Muestreo sistemático.....	12
2.3.1.2.- Cartografía de unidades de paisaje.....	13
2.3.2.- <u>Sistemas de informaciones geográficas en la delimitación y caracterización de unidades de paisajes</u>	14
2.4.- IMPORTANCIA DE LOS SIG PARA EL ESTUDIO DE “TERROIRS”	17

2.5.- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y	
GEOPROCESAMIENTO.....	18
2.5.1.- <u>Definiciones</u>	18
2.5.2.- <u>Estructura de un SIG</u>	19
2.5.2.1.- Hardware.....	19
2.5.2.2.- Software.....	20
2.5.3.- <u>Modelos de datos</u>	21
2.6.- IMÁGENES DE PERCEPCIÓN REMOTA COMO FUENTE DE	
DATOS PARA “TERROIRS”	23
2.6.1.- <u>Definición de percepción remota o teledetección</u>	23
2.6.2.- <u>Clasificación de los sistemas de percepción remota</u>	24
2.6.3.- <u>Resolución en los sistemas de percepción remota</u>	26
2.6.3.1.- Resolución geométrica o espacial.....	26
2.6.3.2.- Resolución espectral.....	27
2.6.3.3.- Resolución radiométrica.....	27
2.6.3.4.- Resolución temporal.....	28
2.6.3.5.- Resolución angular.....	28
2.6.4.- <u>Satélites e imágenes de percepción remota</u>	28
2.6.5.- <u>Análisis de la información de las imágenes obtenidas por</u>	
percepción remota.....	29
2.7.- GEORREFERENCIACIÓN.....	31
2.7.1.- <u>Sistema de coordenadas geodésicas</u>	32
2.7.2.- <u>Sistema de coordenadas planas</u>	32
2.8.- ANÁLISIS GEOGRÁFICO UTILIZANDO ÁLGEBRA DE MAPAS.....	34
2.9.- APLICACIONES DE LOS SIG EN VITICULTURA.....	35
2.9.1.- <u>Viticultura de precisión</u>	35

3.- <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	36
3.1.- MATERIALES.....	36
3.1.1- <u>Zona de estudio</u>	36
3.1.2.- <u>Software y hardware utilizado</u>	37
3.1.3.- <u>Fuentes de datos utilizados para ingresar al SIG</u>	37
3.2.- METODOLOGÍA.....	38
3.2.1.- <u>Creación del banco de datos geográfico</u>	38
3.2.2.- <u>Creación de un proyecto</u>	39
3.2.3.- <u>Creación de los modelos de datos</u>	40
3.2.4.- <u>Metodología de análisis</u>	44
4.- <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	49
4.1.- UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS VIÑEDOS.....	49
4.2.- CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA.....	53
4.3.-CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA.....	57
4.4.- CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA.....	61
4.5.- CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA.....	72
4.6.-CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL CON IMÁGENES SATELITALES.....	82
4.7.- DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE TERRITORIALES BÁSICAS.....	86
4.8.- CONSULTA POR ATRIBUTOS Y SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE TERROIR VITÍCOLAS O “TERROIRS” POTENCIALES	88
4.9.- DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS UTB OBTENIDAS.....	89
4.9.1.- UTB San Bautista- S3(d)(h).....	89
4.9.2.- UTB Aluviones-N2.....	90

4.9.3.- UTB Cristalino-S3(e)(r).....	90
4.9.4.- UTB Libertad-S2(e).....	91
4.9.5.- UTB Libertad- S3(e).....	91
4.9.6.- UTB Libertad- S3(d)(h).....	92
4.9.7.- UTB San Bautista-S2(e)	92
4.10. -DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES TERRITORIALES VITÍCOLAS O “TERROIRS” POTENCIALES.....	93
4.10.1.- <u>Descripción de las UTV potenciales o “terroirs” potenciales..</u>	95
4.10.1.1.- Unidad territorial vitícola 1(“terroir” potencial 1).....	95
4.10.1.2.- Unidad territorial vitícola 2(“terroir” potencial 2).....	97
4.10.1.3.- Consideraciones sobre las UTV de Colonia del Sacramento	97
4.11.- DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA EMPLEADA.....	101
5.- <u>CONCLUSIONES</u>	104
6.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	105
7.- <u>ANEXO</u>	118
7.1.- APLICACIÓN DE OPERADORES ZONALES CON EL PROGRAMA SPRING MEDIANTE LENGUAJE LEGAL (LINGUAGEM ESPACIAL PARA GEOPROCESSAMENTO ALGEBRAICO).....	118
7.2.- TABLAS DE ZONIFICACIÓN.....	121

LISTA DE TABLAS, FOTOS Y FIGURAS

Tabla N°	Página
1.- Variables utilizadas en la caracterización de las unidades de pedopaisajes de Côtes du Rhône (Vaudour, 2003)	16
2.- Modelos de datos, representaciones computacionales y planos de información creados con el SPRING.....	42
3.- Diagrama de flujos mostrando la secuencia de procesos usada para caracterizar y delimitar las UTV o “terroirs” vitícolas potenciales.....	46
4.- Superficie total de viñedos (Fuente INAVI).....	51
5.- Índices bioclimáticos en la región de estudio.....	54
6.- Área vitícola ocupada según grupo de suelos CONEAT en la zona de estudio.....	62
7.- Zonificación primaria por aptitud natural de las tierras del cultivo de la vid	69
8.- Superficie ocupada por los viñedos según la zonificación primaria por aptitud natural de las tierras para el cultivo de la vid.....	71
9.- Tabla de áreas según aptitud de exposición en el área de viñedos.....	79
10.- Tabla de áreas de topopaisajes dominantes en el área de viñedos.....	80
11.- Área de unidades territoriales básicas con viñedos.....	93
12.- Tabla de zonificación primaria por aptitud natural de las tierras del cultivo de la vid en base a Grupos CONEAT.....	121
13.-Tablas de ponderación utilizada para la zonificación del cultivo de la vid en base a Grupos CONEAT	122

Foto N°	Página
1.- Bodega Bernardi.....	52
2.- Bodega Cooperativa CALUVA.....	52
3.- Perfil geológico sobre las barrancas de la costa oeste.....	58
4 y 5.- Paisaje y perfil de suelo de un muestreo tomado en una zona topográfica alta	63
6 y 7.- Paisaje y perfil de suelo de un muestreo tomado en una zona topográfica baja.....	65
8.- Vista de viñedo y paisaje asociado de la Unidad Territorial Vitícola1.....	96
9.- Vista de viñedo y paisaje asociado de la Unidad Territorial Vitícola2.....	99

Figura N°	Página
1.- Regionalización bioclimática multicriterio para la vid en Uruguay (Ferrer, 2007).....	10
2.- Arquitectura de los sistemas de informaciones geográficas (Davis y Câmara, 2001)	20
3.- Algunos tipos de plataformas portadoras de sensores remotos y sistemas asociados (adaptado de Moreira, 2001).....	25
4.- Pasos generales para la extracción de información multiespectral proveniente de sensores remotos (Landgrebe, 1988).....	30
5.- Ubicación de la zona en estudio	36
6.- Creación del banco de datos geográfico con SPRING.....	39
7.- Creación del proyecto Estudio_terroirs_Colonia y delimitación del área con SPRING	40

8.- Interface del software SPRING para la creación de los distintos modelos de datos	41
9.- Imagen Google de la zona georreferenciada e ingresada al SIG, con la capa de padrones superpuesta	49
10.- Ubicación de los viñedos y bodegas en la zona de estudio.....	50
11.- Mapa buffer de distancias a la costa del Río de la Plata.....	54
12.- Delimitación bioclimática multicriterio de la zona en estudio.....	56
13.- Ubicación de puntos de muestreos geológicos sobre imagen Google, en la zona de estudio	57
14.- Corte geológico en dirección W-E, en la zona del Real de Vera.....	59
15.- Mapa geológico 1:50000 (Bossi, 2001).....	60
16.- Mapa temático de riesgo de erosión.....	67
17.- Mapa temático de agua potencialmente disponible (Molfino, 2009).....	68
18.- Mapa de zonificación primaria por aptitud de las tierras para el cultivo de la vid	70
19.- Modelo digital de terreno digitalizado y georreferenciado, en curvas de nivel cada 10m del Instituto Geográfico Militar.....	72
20.- Modelo digital de terreno en malla triangular TIN, obtenido a partir de las curvas de nivel cada 10m	73
21.- Modelo digital de terreno tipo grilla o raster	74
22.- Mapa topográfico de la zona en estudio.....	75
23.- Mapa temático de isopendientes.....	76
24.- Mapa de temático de exposición de las laderas	77
25.- Mapa temático de aptitud de exposición de las laderas	78
26.- Mapa temático de topopaisajes	81
27.- Evolución del índice de vegetación en cuatro fechas, según la ocupación de la tierra.....	83
28.- Imágenes en pseudocolor del índice de vegetación para cuatro fechas en la región de estudio, calculado con imágenes satelitales CBERS 2.....	84

29.- Evolución del índice de vegetación normalizado en un cuadro de vid (var. Tannat) para cuatro fechas.....	85
30.- Imagen en pseudocolor del índice de vegetación en un cuadro de vid para cuatro fechas.....	85
31.- Interfase del sistema de informaciones geográficas SPRING mostrando las UTB y su tabla de registros asociada	86
32.- Interfase SPRING mostrando una consulta de agrupación, en la que se visualizan la textura de los suelos dominantes para cada una de las UTB.....	87
33.- Mapa de UTB agrupadas según la zonificación bioclimática multicriterio para la vid.....	88
34.- Mapa de UTB caracterizadas por bioclima, geología y aptitud de suelos para el cultivo de la vid.....	94
35.- Mapa de UTV o “terroirs” vitícolas potenciales de los alrededores de Colonia del Sacramento.....	100

1.-INTRODUCCIÓN

1.1.- EL CONTEXTO DEL TRABAJO

Los principales países productores de vinos del viejo mundo (Francia, Italia y España), buscando proteger sus regiones productoras de vinos de alta gama, resaltan su tradición histórica productiva y el carácter distintivo e intransferible de los factores humanos y biofísicos (clima, suelo, cepaje y tradición productiva, entre otros; Fanet, 2004).

Dicho carácter, es protegido por normas jurídicas locales e internacionales basadas en denominaciones de origen que se aplican a regiones mas o menos homogéneas desde el punto de vista productivo (España, 2003; Francia, 2008; Sánchez Hernández, 2008).

Las delimitaciones del territorio, para las denominaciones de origen (D.O.), se realizan a partir de límites políticos (país, provincia, comuna) o de estudios científicos de los aspectos climáticos, geomorfológicos, ecológicos, productivos y sociales.

Por otra parte, los países emergentes o del nuevo mundo, han basado su estrategia de producción en la importación de cepajes y técnicas de regiones más avanzadas tecnológicamente y con extensa tradición vitivinícola.

Actualmente existe un incremento en la competencia mundial, debido por un lado a un aumento en el volumen de vino producido, con una mejora en la calidad de los productos y por otro lado a una mayor exigencia de parte de los consumidores de los países importadores, en cuanto a calidad y seguridad alimentaria (Amat Llobart, 2008).

El éxito que ha tenido Uruguay en su reconversión vitícola, le permite competir y acceder con sus productos en mercados exigentes. Fundamentalmente esto se ha logrado, apoyándose en los vinos obtenidos a

partir de la variedad Tannat, que se ha posicionado como distintiva e insignia de los vinos uruguayos.

Sin embargo, zonas próximas (Argentina, Chile y Brasil) han implantado grandes áreas de viñedos, entre otras de la variedad Tannat. Estos países además de tener una estrategia basada en la calidad, buscan la diferenciación de sus productos, apoyándose para ello en estudios de zonificación y caracterización, como primer paso para implementar una normativa basada en denominaciones de origen (Falcade *et al.*, 1999; Tonietto, 2004).

Algunos autores consideran imprescindible para fortalecer la competitividad de los vinos uruguayos, apuntar a la diferenciación de los mismos y adoptar en muchos casos, una estrategia basada en denominaciones de origen, apoyadas por estudios científicos y delimitaciones de “terroirs” (Deloire, Ferrer y Carbonneau, 2003; Echeverría, 2003).

Si bien, dichas certificaciones y estudios de “terroirs” son necesarios para promover y mantener la competitividad en el sector, también son una forma de lograr una viticultura sustentable, en base a una mejor gestión agronómica y social del territorio. Otorgando además las condiciones para lograr trazabilidad de los productos, a través de la identificación clara, por parte de los consumidores, del producto con su región de producción. Podemos también mencionar los aspectos de seguridad alimentaria y calidad certificada, que acompañan este tipo de productos (Tonietto, 2004; Amat Llombart, 2008).

1.2.- OBJETIVOS

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto “Aplicación de la metodología de “terroir” en la zona de Colonia del Sacramento para la obtención de instrumentos de valorización de la producción vitivinícola local” (Facultad de Agronomía-UDELAR).

Para la realización de este proyecto se escogió una zona vitícola, en los alrededores de la ciudad de Colonia del Sacramento, de elevado valor histórico, cultural y turístico. En dicha zona, se desarrollan viñedos con buen potencial productivo, que producen vinos muy apetecidos por el consumidor local y el turista.

Se apuntó a mejorar la competitividad nacional e internacional de los vinos uruguayos, a través de la identificación y gestión de “terroirs”. Se propuso como objetivo general, validar una metodología para la delimitación y gestión de “terroirs” vitícolas.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo de tesis, ha sido la caracterización y delimitación de “terroirs” vitícolas en los alrededores de la ciudad de Colonia del Sacramento, utilizando un sistema de información geográfica (SIG).

Se debe destacar, que en el país no se registran antecedentes de diseño y utilización de SIG para delimitar “terroirs” vitícolas.

Se buscó la aplicación de modelos informáticos, que permitan representar los distintos factores involucrados en la caracterización de estas zonas homogéneas, además de la georreferenciación de los datos y los procesamientos posteriores, para caracterizar y delimitar cada una de estas unidades vitícolas.

Es por ello, que esta tesis destina una parte importante de la revisión bibliográfica, en primer lugar al concepto de “terroir” y las UTV, en segundo término a los SIG y al modelaje de la información geográfica necesaria para el ingreso a los mismos. Debemos recalcar que se utilizó el sistema de información geográfica para modelar solo los factores climáticos y biofísicos, los factores sociales e históricos, no se ingresaron al SIG y fueron relevados y evaluados en el proyecto por otros medios.

2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.- “TERROIR“ VITÍCOLA Y UNIDADES TERRITORIALES VITÍCOLAS

2.1.1.- Definición de “terroir”

Término perteneciente al idioma francés, cuyas raíces provienen del latín *terratorium* (latin popular) o *territorium* (del latin clásico) (Diccionario bilingüe Larousse), y cuyo significado varía según el contexto en el que se utilice. En un contexto general, se entiende por el conjunto de tierras explotadas por los habitantes de un pueblo. En una acepción más específica, se entiende por el conjunto de tierras de una región, consideradas desde el punto de vista de sus aptitudes agrícolas que suministran uno o varios productos característicos, como por ejemplo vinos, quesos, jamones, etc. En este caso, el término “terroir” incorpora la idea del conjunto de tierras de una región, sus propiedades y la capacidad de transmitirla a sus productos característicos o típicos (“*avoir l'accent sur le terroir*” o “*gôut du terroir*”, gusto particular (por ejemplo de un vino) debido al ambiente (Diccionario Le Robert). Esta palabra también puede incorporar una dimensión social e histórica en su significado, cuando se usa para considerar a una región o campo como el refugio de hábitos, gustos típicamente rurales o regionales: “un escritor del terruño” (Diccionario Larousse).

El diccionario bilingüe francés-español Larousse traduce el término “terroir” al castellano, como: terruño, tierra, patria chica. “*Sentir le terroir*”, recordar el terruño, tener el deje de la región, de la provincia. No hay una traducción exacta del mismo, ya que dicha palabra viene cargada del contenido conceptual dado por el uso histórico en el propio idioma francés.

Por ello, en este trabajo, nos referiremos principalmente por su acepción en el idioma de origen (“terroir”), hasta tanto los diferentes autores, especialistas locales y el uso, impongan un término, en el bello idioma de Cervantes. En esencia, los productos provenientes de un “terroir” se caracterizan por lo artesanal, lo típico, lo diferente, lo intransferible, en oposición a lo industrial, a la producción masiva de productos y a la reconversión vitícola basada principalmente en los cepajes, Vaudour (2003). En el caso particular de este trabajo, nos referiremos al término “terroir” aplicado a la viticultura.

Salette (1998), considera al “terroir” como un agroecosistema que confiere a sus productos originalidad y carácter propio. Morlat (1989) lo define a partir de la unidad natural de “terroir” de base (UTB) como la mas pequeña unidad geo-eco-pedológica homogénea (medio físico) que se puede diferenciar y que constituye una entidad funcional del agroecosistema dónde es capaz de expresarse la respuesta de la vid a través del vino. Carbonneau (2001) propone el agrupamiento de UTB de similares características, con cepajes, prácticas culturales y enológicas, determinan las unidades de “terroir” vitícola o UTV.

La resolución OIV/VITI 333/2010, lo define como “un concepto referido a un espacio dónde se desarrolla un saber colectivo, acerca de las interacciones entre un medio físico, biológico y las prácticas vitivinícolas aplicadas, que confieren unas características distintivas a los productos obtenidos”.

2.1.2.-Aspectos generales de un “terroir” vitícola

El “terroir” considerado como un agroecosistema, incluye factores climáticos, biofísicos y sociales que determinan un sitio específico de producción y desde este punto de vista Vaudour (2003) define a un “terroir” como una unidad territorial vitícola o UTV. Dicho autor, considera a lo productos típicos obtenidos de una región vitícola como efecto “terroir” y a la región homogénea delimitada para estos efectos, como el “terroir” vitícola. Desde este

punto de vista, la tipicidad está ligada al “terroir”, como una expresión única del mismo.

Según Vaudour (2003), la noción de “terroir” o UTV se puede descomponer en cuatro aspectos o enfoques:

1).- El aspecto agro-cultural, que involucra lo ligado a la relación vertical suelo-planta-clima y las intervenciones culturales sobre este medio (podas, fertilización y riego, entre otros factores, (Deloire et al., 2003).

2).- El aspecto territorial, cuyo enfoque comprende la dimensión espacial de las variables involucradas, que se expresan a través del paisaje, la geografía histórica y la geomorfología (Falcade, et al. 1999).

3).- Un aspecto ligado a la identidad, el concepto de “terroir” vinculado a la memoria histórica, las tradiciones y a la conciencia de los distintos actores, ya sean productores, consumidores o vecinos, incluye también, el compromiso y la gestión del “terroir” (Tomasi *et al.*, 2006a).

4).- Por último, un aspecto ligado a la publicidad y al mercadeo, que corresponde a la imagen del producto en la mente del consumidor y todo lo asociado con ello. Abarca consideraciones organolépticas de los productos, el carácter y las costumbres de los productores y la imagen del paisaje de la región productora en la mente del consumidor (Tomasi *et al.*, 2006b).

2.2.- FACTORES INVOLUCRADOS EN LA DELIMITACIÓN DE “TERROIRS”

Ante todo, es fundamental que exista un tipo de vino bien definido y característico asociado a una región, a fin de justificar estudios que permitan delimitar un “terroir”.

Para la delimitación de las grandes zonas vitícolas, a nivel de región o país los autores mencionan primeramente al clima. Esta se realiza utilizando índices bioclimáticos, que sintetizan los principales aspectos climáticos y sus efectos

sobre el cultivo y la composición de sus bayas (Enrich, 1991; Ferrer *et al.*, 2007).

En segundo término, tenemos a la geología y la geomorfología. Su influencia se refleja en la topografía, los suelos, la vegetación y en definitiva en la aptitud vitícola (Seguin, 1986; Zufferey y Murisier, 2004).

En tercer término el hombre, que actúa como modelador y gestor de la región productiva, aplicando una tecnología agronómica y enológica diferenciada con el conocimiento adquirido por la propia experiencia y las tradiciones productivas, para obtener así un producto típico, original e reproducible (Morlat, *et al.*, 2001).

Y en último lugar las unidades de paisaje, como el elemento que resume todos los factores anteriormente mencionados. A partir de su estudio se delimitan las unidades territoriales básicas (UTB) y se caracterizan las unidades territoriales vitícolas como aquellas sobre las que se encuentran los viñedos que se expresan a través de vinos típicos (Morlat *et al.*, 2001; Francia, 2006).

2.3.- CRITERIOS PARA LA DELIMITACIÓN ESPACIAL DE UNIDADES TERRITORIALES VITÍCOLAS O “TERROIR”

Básicamente, se procura cartografiar zonas homogéneas desde el punto de vista climático, geológico, edáfico y paisajístico. Estas zonas homogéneas se corresponden con los parámetros de funcionamiento o variables de estado iniciales que actúan sobre la respuesta vitícola y enológica a (Morlat, 1996; Deloire *et al.*, 2003). Dichas zonas, una vez delimitadas, se validan mediante parcelas representativas.

El primer factor considerado para la delimitación de unidades de “terroir” es el climático. Comprende en primer término, las condiciones bioclimáticas limitantes para el desarrollo y la supervivencia del cultivo, pudiendo mencionar entre otros: el período libre de heladas, vientos, factores hídricos y radiación

incidente. En segundo término, los factores climáticos que tienen que ver con la capacidad fotosintética, la maduración y la calidad de las bayas y son principalmente la radiación global, la temperatura y la disponibilidad de agua (Tonietto, 1999; Deloire *et al.*, 2003).

La modelización de los factores climáticos integra datos de temperatura, radiación, precipitaciones, humedad, masas de aire, abertura del paisaje o ventilación, cercanía a las masas de agua, altura sobre el nivel del mar, latitud y longitud.

Enrich (1991), evaluando 16 índices pedoclimáticos para la regionalización del cultivo de la vid en Uruguay, encontró que los más aptos para la zonificación del cultivo son: a) el índice térmico eficaz de Winkler y Amerine;

b) el producto heliotérmico de Branas, Bernon y Levadoux;

c) el índice de posibilidades heliotérmicas de Huglin.

Además halló, que las heladas tardías pueden ser limitantes para el cultivo en la zona centro y sur del país para los cultivares de brotación temprana como la variedad Cardinal.

Tonietto (1999), buscando agrupar las grandes regiones vitícolas a nivel mundial según la respuesta fisiológica de la planta y sus bayas al clima, utiliza un sistema que sintetiza a través de índices, un conjunto de factores macroclimáticos complementarios llamado clasificación climática multicriterio (CCM). Los índices usados con esta finalidad fueron: el índice de sequía o de balance hídrico de Riou, el índice heliotérmico de Huglin y el índice de frío nocturno.

Dicho sistema, almacena la información en una base de datos denominada geovitícola, que incluye datos meteorológicos y fenológicos de 100 regiones vitícolas del mundo. Clasifica estas regiones dentro de 38 grupos climáticos, donde Uruguay, a partir de datos meteorológicos tomados en la Estación Experimental las Brujas, lo incluye en la clase IS0 IH4 IF2, que correspondería a un clima vitícola sub-húmedo templado cálido y de noches templadas.

Por tanto, según esta clasificación realizada por Tonietto (1999) y su correspondiente aptitud para la producción de vinos descrita por Tonietto y Carbonneau (2000), el clima vitícola del Uruguay correspondería a ausencia de sequía, con un nivel de disponibilidad hídrica excesivo para la obtención de uvas de calidad enológica, de noches templadas, con condiciones de maduración mejores para las variedades tardías y no habiendo restricciones de temperatura para la maduración de las bayas.

Pérez (2003), para el Uruguay utilizando el sistema de clasificación climática multicriterio o CCM, propuesto por Tonietto (1999), con datos climáticos de cuatro estaciones meteorológicas (Las Brujas, La Estanzuela, Salto y Tacuarembó) y datos de disponibilidad de agua de las unidades de suelos tomados del trabajo realizado por Califra y Molino (2001). Pudo encontrar dos grupos bioclimáticos para la vid: el primero formado por las estaciones meteorológicas del sur de Uruguay (Las Brujas y La Estanzuela) clasificado como IS00 IH4 IF2 (clima húmedo, templado cálido y noches templadas), y el segundo grupo formado por las estaciones de la zona norte (Salto y Tacuarembó) clasificado como IS00 IH5 IF2 (clima húmedo, cálido y de noches templadas).

En este contexto, propone para el Uruguay utilizar más puntos de muestreos y e intervalos de clases dentro de cada índice, para una mayor discriminación entre estaciones.

A partir de ello, Ferrer (2007) y Ferrer *et al.* (2007), aplicando el método de Clasificación Climática Multicriterio, con información recopilada de 23 estaciones meteorológicas distribuidas en el territorio, identificó seis tipos climáticos y delimitó seis regiones vitícolas, que fueron cartografiadas con el programa SPRING. Considerando dichos autores, a estas regiones delimitadas, como la base para caracterización y cartografía de “terroirs” vitícolas en Uruguay.

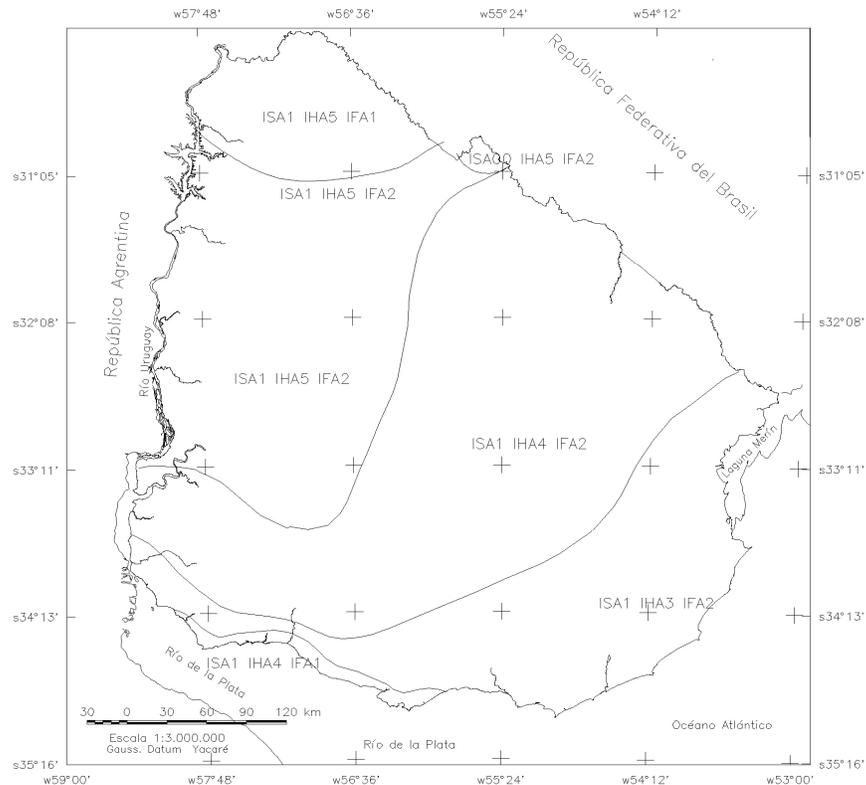


Figura Nº 1: Regionalización bioclimática multicriterio para la vid en Uruguay, Ferrer (2007) y Ferrer *et al.* (2007).

Concluyendo además, que las regiones bioclimáticas definidas por Ferrer (2007), indican para el Uruguay, situaciones favorables a la maduración y a la expresión de componentes de la calidad en las bayas. Este autor, observa además, que una parte de la superficie vitícola uruguaya estaría influenciada climáticamente por la cercanía a masas de agua.

Según Bonnardot (1997), las masas de agua, influyen en la temperatura del aire durante el mes en que ocurre la maduración de las bayas, afectando la síntesis de los compuestos orgánicos en las mismas.

Myburgh (2005), estudiando la influencia de las grandes masas de agua sobre el clima vitícola y procurando hacer una zonificación climática para dicho cultivo en la región costera oeste de Cape (África del Sur, océano Atlántico),

determina que la temperatura media durante el mes de febrero, se incrementa a una tasa de 0,6° por cada 10 km de distancia a la costa y declina 0,5° C por cada 100m de altura sobre el nivel del mar.

Pythoud (2004) en el cantón de Vaud (Suiza), hace estimaciones de radiación global a escala parcelaria para caracterizar y delimitar unidades de “terroir”, usando modelos de elevación del terreno con una resolución de 25m. Esos modelos se basan en características del relieve como la pendiente, la exposición y la altura. Incluye además, datos de precipitación con valores colectados en estaciones meteorológicas durante 30 años. Estos factores climáticos los correlacionó con parámetros fisiológicos de la vid, como son las fechas de desborre, floración, envero y maduración a través de un índice bioclimático a escala parcelaria.

Según Morat y Salette (1982), el siguiente criterio para determinar y delimitar zonas homogéneas es la secuencia roca-alteración-alterita, considerando la geología como base. Esto lleva a la cartografía de unidades de tierra, cada una conteniendo grupos de suelos con similares características, en un mismo tipo de pedopaisaje.

Estas unidades de pedopaisaje son descritas desde el punto de vista geológico, geomorfológico (topografía, pendiente y exposición), vegetación, clima, uso de la tierra y aspectos sociales; se obtendrán entonces unidades territoriales básicas o UTB (Jaquet y Morat, 1996).

Bodin y Morat (2006), consideran la disponibilidad de agua para el cultivo en las distintas etapas fenológicas, como uno de los aspectos más relevantes para caracterizar y delimitar UTB. Durante la etapa de envero a maduración, un moderado estrés hídrico favorece la calidad de los compuestos en las bayas para la producción de vinos, en cambio un fuerte déficit afecta negativamente los rendimientos y la calidad de las bayas (Zufferey y Murisier, 2004).

La disponibilidad de agua está directamente relacionada con factores climáticos, edáficos y de la planta. Esta se determina, a partir de estudios de la textura y estructura de los suelos, origen geológico y volumen explorado por las raíces (Letessier y Fermond, 2004).

La etapa siguiente es la caracterización de aquellas zonas o UTB que poseen vid, agrupándose según la respuesta fisiológica de la planta (Morlat *et al.*, 2001).

Aquellas UTB a las que se les asocia los cepages, el manejo del cultivo (distancia de plantación, conducción, etc.) son denominadas unidades territoriales vitícolas o UTV, las cuales producirán una tipicidad particular del producto (Bremond *et al.*, 1999; Zufferey y Murisier, 2004).

Se pueden determinar dos situaciones: en primer lugar, si las UTV están asociadas a vinos de fuerte carácter, tendremos entonces un “terroir” vitícola homogéneo. Por el contrario si el reagrupamiento esta dado por parcelas vitícolas cuyos vinos están apoyados en la diversidad, tendremos un “terroir” vitícola heterogéneo, Vaudour (2003).

2.3.1.-Métodos para delimitar zonas homogéneas

2.3.1.1.- Muestreo sistemático

Se realiza con un gran número de puntos de muestreo geo-pedológicos y paisajísticos, a través de sondeos con taladros, calicatas y evaluaciones visuales de la calidad del paisaje. El número de muestreos puede variar entre 1 cada 0,5há y 1 por hectárea.

Las evaluaciones paisajísticas incluyen: topografía, pendiente, orientación de la ladera, tipo de relieve (plano, cóncavo, convexo) índices de abertura del paisaje, velocidad y dirección del viento, índices de insolación, entre otros (Jaquet y Morlat, 1996; Vaudour, 2003).

Este gran número de muestras se podrá interpolar con métodos geoestadísticos, de esta manera se podrán analizar y agrupar las unidades homogéneas por técnicas de análisis multivariado.

2.3.1.2.- Cartografía de unidades de paisaje

El Paisaje es definido por la Convención de Paisajes de Europa realizada el 20 de octubre de 2000, como parte del territorio que es percibida por la población y cuyo carácter es el resultado de la acción de factores naturales y o humanos y sus interacciones. Desde este punto de vista, el paisaje existe desde que existe un observador (Salinas Chávez y Middleton ,1998).

El paisaje es considerado como el resultado de la acción en el tiempo y el espacio de múltiples factores humanos y naturales.

Salinas Chávez y Middleton (1998), mencionan dos enfoques en el estudio de la disciplina: uno desde el punto de vista del ordenamiento y la gestión, y otro ecológico.

Desde el punto de vista ecológico, el paisaje se considera como un ensamble de distintas partes que intercambian materia y energía de forma horizontal. En este caso, se estudia la complejidad y la heterogeneidad del sistema, cobrando importancia el concepto de nivel de percepción y escala.

El enfoque del análisis del paisaje desde el punto de vista del ordenamiento y gestión territorial analiza la dinámica y la estructura del uso de la tierra, uno de sus objetivos es obtener una cartografía ecológica buscando una mejor resolución de la gestión y el desarrollo de los territorios a escala regional y local (Zonneveld, 1988).

Los modelos de regionalización ecológica o zonificación ecológica se basan en este último enfoque, dónde la zonificación climática constituye la primera fase en la regionalización. Estas unidades climáticas definen a grandes rasgos el paisaje a nivel macro.

Posteriormente la geomorfología y la edafología caracterizarán las diferentes unidades territoriales, dentro de cada una de estas grandes zonas climáticas, teniendo en cuenta también otros criterios como son la fauna, la flora y la hidrología.

Las unidades de paisajes se obtienen buscando el cumplimiento de dos premisas: la homogeneidad morfológica del paisaje y la de unidad geocodinámica o funcional del paisaje. De acuerdo a estas dos hipótesis la separación entre unidades no ocurre en general en forma abrupta, sino por umbrales de discontinuidad (paisaje asociado). Cervantes citado por Salinas Chávez y Middleton (1998), recomienda tener en cuenta los siguientes puntos para la delimitación de unidades de paisaje:

- a) Procurar una zonificación continua.
- b) Buscar que las estructuras vertical y horizontal del paisaje se puedan analizar e integrar de manera vectorial.
- c) Las ligas funcionales deben permitir la integración y desagregación de ellas en forma de módulos mayores y menores.
- d) La conjugación de todos o varios factores definirá cada unidad y no sólo uno de ellos.

2.3.2.- Sistemas de informaciones geográficas en la delimitación y caracterización de unidades de paisajes

Una de las metodologías aplicadas por varios investigadores en Brasil, dentro del enfoque de gestión y análisis del ordenamiento territorial, es el conocido como Zoneamiento Económico Ecológico, (Crepani *et al.*, 1996). Utilizando sistemas de informaciones geográficas y con técnicas de

fotointerpretación y análisis por computadoras, se delimitan sobre imágenes satelitales áreas homogéneas.

Estas unidades homogéneas se caracterizan aplicando técnicas de álgebra de mapas y operadores zonales (Tomlin 1990; Samet, 1996), con informaciones temáticas pre-existentes en geología, suelos, topografía, vegetación y otras, a partir de ello dichas unidades serán las unidades de paisaje o Unidades Territoriales Básicas.

Posteriormente, se hace una evaluación de la vulnerabilidad de estas unidades basándose en los procesos de morfogénesis y pedogénesis de Tricart (1977), elaborándose a estos efectos una clasificación de vulnerabilidad-estabilidad para cada una de las UTB obtenidas (Barbosa, 1996).

El concepto de zonalidad según Tomlin (1990) consiste en la aplicación de operadores de análisis espacial (media, moda, máximo, mayoría, etc.) a un plano de información o capa de un sistema de información geográfica, donde las restricciones o límites son definidas por áreas delimitadas por polígonos pertenecientes a otra capa. Según Barbosa C. et al. (1998), esta metodología permite aplicar en un SIG el concepto de unidad de paisaje y de este modo unir datos del medio biofísico con datos socioeconómicos.

Vaudour (2003), menciona como una metodología para la delimitación de “terroirs”, la cartografía de unidades de pedopaisajes. Estas se determinan primeramente por fotointerpretación, sobre fotogramas aéreos pancromáticos con estereoscopía, teniendo en cuenta los procesos de pedogénesis.

Dichas unidades son posteriormente caracterizadas por una serie de variables consideradas de importancia en lo que respecta al funcionamiento de la vid. La tabla siguiente muestra las variables utilizadas en la caracterización cartográfica de las unidades de pedopaisaje para la delimitación de “terroirs”, en la parte meridional de la AOC Côtes du Rhône.

Variable	Tema	Descripción	Modalidades
REF1	Suelos	Suelo dominante	14
REF2	Suelos	Suelo secundario	14
QLF1	Suelos	1er calificativo de la tipología del suelo dominante	16
QLF2	Suelos	2do calificativo de la tipología del suelo dominante	21
PRF	Suelos	Profundidad exploración radicular	4
TEXT	Suelos	Textura dominante	8
CAA	Suelos	Tenor de calcáreo activo de la textura dominante	6
CRC	Suelos	Presencia y tipos de acumulaciones de carbonatos	7
CEC	Suelos	Capacidad de intercambio catiónico	5
DRAI	Suelos	Drenaje	5
CAIL	Suelos	Carga de elementos groseros	5
ENCR	Suelos	Presencia de caracteres calcáreos	2
CCVX	Geomorfología	Forma de la pendiente	4
RLF	Geomorfología	Unidad de relieve	12
LITH	Geología	Litofacie	10
STR	Geología	Estado estratigráfico	8
PTE	Topografía	Pendiente	6
ALT	Topografía	Altitud	6
LUM	suelo/vegetación	Luminosidad de la superficie del suelo en fotografía aérea pancromática	5
B97d	suelo/vegetación	Clase dominante obtenida por tratamiento de imágenes satelitales (1997)	29
B97s	suelo/vegetación	Clase dominante obtenida por tratamiento de imágenes satelitales (1997)	29
B95d	suelo/vegetación	Clase dominante obtenida por tratamiento de imágenes satelitales (1995)	27
B95s	suelo/vegetación	Clase dominante obtenida por tratamiento de imágenes satelitales (1995)	27
OCCSOL	ocupación del suelo	Tipo de ocupación del suelo	13
FORM	Parcelario	Forma de las parcelas	6
PARC	Parcelario	Tamaño de las parcelas	5

Tabla N°1: Variables utilizadas en la caracterización de las unidades de pedopaisajes de Côtes du Rhône (Vaudour, 2003).

Posteriormente estas unidades son reagrupadas por análisis estadísticos multivariados, para luego ser validadas con ensayos de parcelas, de tal manera que se traduzcan en unidades de funcionamiento vitícolas o “terroirs”.

Las unidades se pueden representar esquemáticamente mediante diagramas tridimensionales, según lo más característico de cada una de ellas.

En Uruguay, a nivel nacional una de las delimitaciones en áreas homogéneas hechas con más éxito, es la cartografía CONEAT. Dichas zonas fueron obtenidas por fotointerpretación en estereoscopía de fotografías aéreas a escala 1:40000, delimitando áreas de paisaje homogéneo. Se consideró, el relieve, la vegetación, el uso de la tierra, el drenaje y la presencia de afloramientos rocosos. Esta delimitación se corresponde con asociaciones de grupos de suelos bien definidos (MGAP, 1996).

Los límites de las unidades obtenidas por fotointerpretación fueron verificados a campo, determinando los grupos de suelos en cada asociación con muestreos de suelos representativos de las mismas (Sganga y Fuentes, 1982).

Las unidades posteriormente, fueron calificadas por su capacidad productiva en términos de carne bovina, ovina y lana en pie (Ley 13.695, art. 65-68) obteniéndose 188 asociaciones de suelos, que constituyen los grupos CONEAT propiamente dichos (Duran, 1987).

2.4.- IMPORTANCIA DE LOS SIG PARA EL ESTUDIO DE “TERROIRS”

La delimitación y caracterización de unidades territoriales vitícolas, implica recopilar y analizar abundante información espacial de tipo climática, geológica, edafológica, topográfica, paisajística, agronómica y sociológica.

Varios autores consideran a los SIG como la herramienta adecuada para esta finalidad (Caloz y Pythoud, 2004; Murisier y Briguet, 2004; Morlat, 1996), ya que permiten establecer una base de datos capaz de almacenar la información necesaria para realizar los trabajos de caracterización y delimitación de unidades territoriales vitícolas o “terroir”.

Además de analizar la información y elaborar la cartografía, esta base de datos geográfica permite mejorar la gestión de los procesos de producción (Königer *et al.*, 2003).

Bolo, Morlat y Rioux (1996) como parte del proyecto Terroirs d'Anjou conducido por la Unidad de Investigación sobre la Vid y el Vino (URVV) del centro INRA en Angers, que incluye 29 comunas de Maine y Loire; establecen un sistema de base de datos relacionales, denominado SIRIS, para almacenar la información geográfica. Estos autores recalcan que estos sistemas, permiten optimizar el almacenaje de los datos informáticos, así como evitar la redundancia y facilitar su extracción y análisis. Otra ventaja es la superposición de las diferentes capas de información geográficas y la generación de documentos cartográficos.

Al respecto Gurovich y Vergara, 2005 indican que la documentación de los "terroirs" son una herramienta útil para generar una asociación de la percepción sensorial del consumidor con el lugar dónde éste se ha producido. Considerando a esta documentación, junto con los medios audiovisuales, una manera de mejorar la competitividad de los vinos chilenos.

2.5.- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOPROCESAMIENTO

2.5.1.- Definiciones

Moldes (1995) define al sistema de información geográfica, en una acepción amplia, como a un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos organizados en base de datos, referenciados espacialmente y que pueden ser visualizados mediante mapas. Considera importante diferenciar el concepto de SIG como programa informático, de un sistema de información en pleno rendimiento que incluye: equipos informáticos, programas, datos y personal especializado, que coordinados, permiten acceder con eficiencia a los datos informáticos.

Burrough *cit.* Bosque (1997), define al sistema de información geográfica como un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

A las técnicas matemáticas y computacionales que utiliza este sistema y que permite el tratamiento de la información geográfica se le conoce como geoprocésamiento. Esta tecnología se aplica en áreas como: geografía, recursos naturales, comunicaciones, energía, planeamiento urbano y regional, agricultura y forestación (INPE, 2002).

El geoprocésamiento se encarga de responder preguntas sobre problemas que incluyen entidades geográficas distribuidas espacialmente, esto implica la elección de representaciones computacionales (alfanuméricas y gráficas) que deberán corresponderse con los datos obtenidos del mundo real y de técnicas matemáticas para el análisis de las mismas (Câmara y Monteiro, 2001). Dónde el SIG es la herramienta computacional para realizar este geoprocésamiento.

2.5.2.- Estructura de un SIG

Según Davis y Câmara, (2001) la puesta en funcionamiento de un sistema de información geográfica requiere la conjunción de los siguientes componentes:

2.5.2.1.- Hardware: se refiere a los dispositivos electrónicos para la colecta de la información, visualización y procesamiento de la misma. Según la función que cumplen en un SIG los podemos clasificar en:

- a.-** ingreso de datos: ratón, teclado, mesa digitalizadora,
- b.-** visualización: monitores, impresoras, ploter, etc.
- c.-** procesado y almacenaje: el computador que dependiendo de la cantidad de información a procesar deberá tener determinadas características

de memoria RAM disponible, capacidad y velocidad de los discos duros, tarjeta de video para mejorar la eficiencia en el tiempo de procesado de imágenes.

2.5.2.2.-Software: son programas que trabajan sobre un determinado sistema operativo, capaces de almacenar y gestionar una base de datos georreferenciada, visualizar esta información y generar nueva información a partir de la existente mediante técnicas de geoprocésamiento.

El funcionamiento de un SIG es esquematizado por estos autores en el diagrama de la figura N° 2.

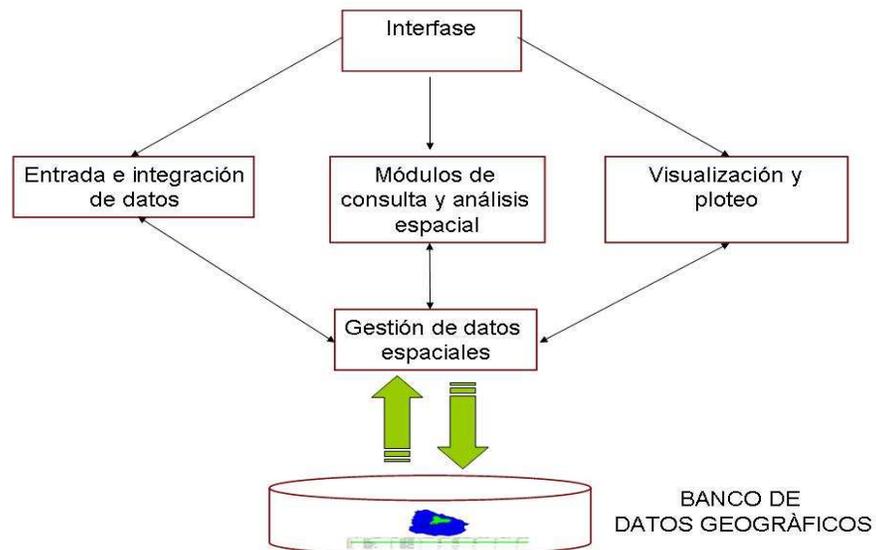


Figura N° 2 Arquitectura de los sistemas de informaciones geográficas Davis y Câmara (2001).

El SIG se caracteriza por tener la capacidad de almacenar la información referida a una posición espacio-temporal (x, y, z, t).

Esta posición estará referida a un mismo sistema de coordenadas, de lo contrario se deberán realizar las transformaciones necesarias para ello. El procedimiento que consiste en ubicar espacialmente la información a través de

un sistema de coordenadas geográfico se denomina georreferenciación (D'Alge, 2006).

2.5.3.- Modelos de datos

Un “terroir” vitícola es un agroecosistema complejo en el cual confluyen aspectos climáticos, geológicos, edáficos, topográficos, biológicos y sociales.

Para su caracterización y delimitación será necesario crear modelos de esta realidad, dichos modelos en muchos casos deberán preservar las relaciones espaciales entre los distintos objetos pertenecientes a dicho espacio geográfico.

Según Ríos *cit.* Felicísimo (2001) un modelo es un objeto, concepto o conjunto de relaciones que se utiliza para representar y estudiar de forma simple y comprensible una porción de la realidad empírica.

Esta relación, según Felicísimo (2001) debe ser simétrica de manera que un resultado relativo al modelo pueda traducirse en otro relativo al objeto real, de forma que las respuestas derivadas del modelo sean aplicables a la realidad.

Las propiedades emergentes de los modelos pueden evaluarse sometiendo una parte de los resultados a una verificación experimental que, aunque sólo pueda ser parcial, permitirá conocer la magnitud de los errores y la introducción de correcciones.

En tanto que el SIG maneja información del mundo real, esta deberá modelarse para que pueda ser ingresada al banco de datos geográfico, buscando la representación más simple y eficiente el fenómeno en estudio.

Uno de los abordajes que permiten modelar el mundo real e ingresar dicha información a un sistema de información geográfica es el conocido como “paradigma de los cuatro universos” (Gomes y Velho, 1995; Câmara y Monteiro, 2001).

En este abordaje, el tipo de modelo escogido depende del nivel de abstracción de los datos pertenecientes a las distintas entidades geográficas. Las entidades se modelan jerárquicamente, desde un nivel superior que corresponde a los usuarios, hasta un nivel de codificación y almacenaje, que incluye la programación.

Los niveles de abstracción o universos de abstracción (Gomes y Velho, 1995; Câmara y Monteiro, 2001) son:

Universo del mundo real: incluye las entidades de la realidad a ser modeladas. Estas entidades se modelarán de la siguiente manera: modelos temáticos, modelos imagen, modelos numéricos de terreno, modelos de redes y modelos catastrales.

Universo matemático: incluye una definición matemática de las entidades a ser modeladas.

Universo de representación: Se denomina a la forma de mapear estas entidades en el computador o como se representan desde el punto de vista gráfico las diferentes clases de entidades del universo conceptual.

Hay dos grandes tipos de representaciones gráficas: tipo *raster* y tipo *vectorial*.

Representaciones vectoriales: la información asociada a los objetos geográficos son representados por puntos, líneas o polígonos.

Representaciones raster o grilla: a información asociada a los objetos geográficos son representadas por el arreglo de una grilla o malla, dónde cada punto de la malla tendrá un valor referido a un atributo de las variables geográficas en estudio.

A cada una de estas celdas se le asocia un valor y una localización o coordenadas. La escala de esa celda estará dada por la relación entre el tamaño que se le ha asignado en el computador y el área que cubre en el terreno.

El tamaño de la celda que representa en el terreno se conoce también como resolución de la grilla.

Un ejemplo de este tipo de representación son las imágenes obtenidas con de sensores de percepción remota o teledetección.

Universo de implementación: Está dado por el desempeño y los algoritmos utilizados por el programa de SIG para el manejo, almacenaje y recuperación de datos.

2.6.- IMÁGENES DE PERCEPCIÓN REMOTA COMO FUENTE DE DATOS PARA “TERROIRS”

2.6.1.- Definición de percepción remota o teledetección

Se denomina a la ciencia que estudia los procedimientos y técnicas que permiten identificar u obtener información de objetos distantes, mediante la utilización de dispositivos capaces de captar y registrar la energía reflejada, emitida o transmitida por los mismos (Pinilla, 1995; Chuvieco, 2008).

Con esa información se pretende inferir el tamaño, composición química, estructura física, características biológicas o posición de objetos situados a distancia.

Para ello se requiere la conjunción de los siguientes factores: una fuente de energía electromagnética, la interacción de dicha radiación con la superficie del objeto a estudiar, la interacción de la radiación con la atmósfera y un sistema de detección o sistema de sensores capaces de recibir y registrar la radiación reflejada proveniente del objeto (Pinilla, 1995).

2.6.2.- Clasificación de los sistemas de percepción remota

Según Moreira, 2001 y Pinilla, 1995; pueden clasificar en función de:

- a) su ubicación
- b) la fuente de radiación
- c) del principio de funcionamiento

a) En función de su ubicación pueden ser:

Terrestres: cuando la plataforma que porta el sensor está ubicada en tierra (ej: radiómetros, fotografía terrestre).

Aéreos: cuando la plataforma que porta el sensor está ubicada en un medio de transporte aéreo.

Orbitales: cuando la plataforma está ubicada en una órbita (por ej.: satélites, trasbordador, etc.).

b) En función de portar o no una fuente de radiación con la cual “iluminar” los objetos o el terreno se clasifican en:

Sensores pasivos los que utilizan una fuente externa de radiación (por ej.: fotografía aérea y satélites de percepción remota multiespectrales) estos la usan energía electromagnética emitida por el sol y que es reflejada por los objetos ubicados en la superficie.

Sensores activos: son los que portan su propia fuente de radiación electromagnética para interactuar con los objetos (por ej.: radares imageadores, altímetros láser).

c) En función del principio de funcionamiento son clasificados en:

Sensores barredores: aquellos que forman la imagen a partir de la toma secuencial de pequeños sectores de la escena, llamándose a estos elementos menores de la imagen pixel (por sus siglas en inglés, picture element), a modo de ejemplo tenemos los sensores optoelectrónicos, los sensores CCD (charge coupled device o dispositivo de carga acoplada) y tipo pushbroom. Los

sensores barredores son los utilizados en la mayoría de los satélites de percepción remota.

Sensores no barredores: son los que registran la imagen del terreno en su totalidad en un mismo instante, en este tipo tenemos los fotográficos (sensor formador de imagen) y los radiómetros (sensor no formador de imagen).

d) En función del producto final producido tenemos:

Sensores formadores de imágenes, dentro de estos tenemos a modo de ejemplo los fotográficos, los RBV (retum bean vidicom o tipo tubo de televisión), sensores optoelectrónicos, CCD, sensores pushbroom, radares imageadores.

Sensores no formadores de imágenes: altímetros y radiómetros.

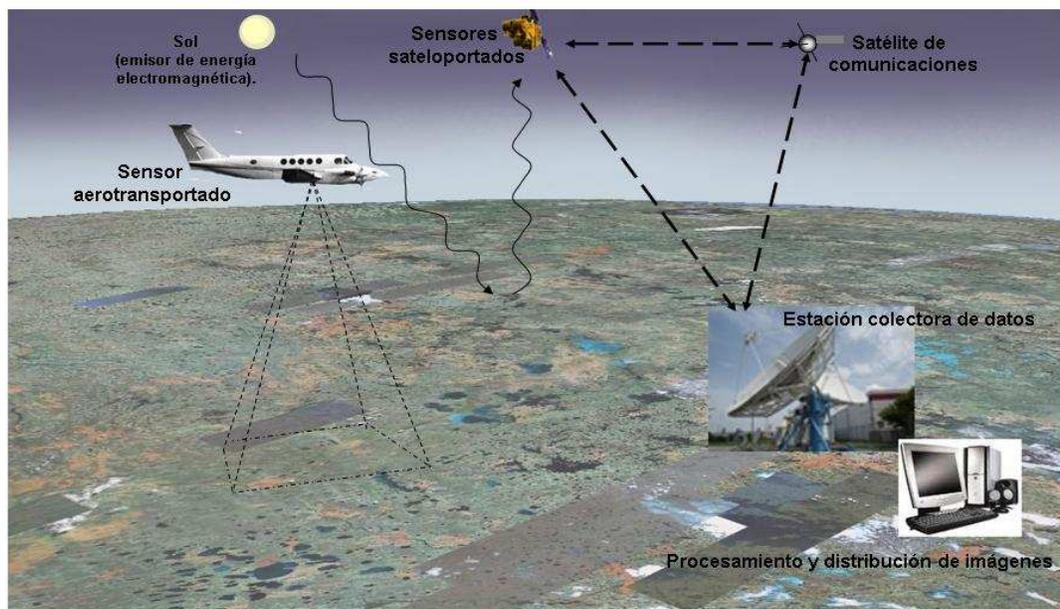


Figura N° 3. Algunos tipos de plataformas portadoras de sensores remotos pasivos y sistemas asociados (adaptado de Moreira, 2001).

2.6.3.- Resolución en los sistemas de percepción remota

Uno de los parámetros por el cual elegimos uno u otro producto (imagen o datos de reflectancia) de un determinado equipo de percepción remota (aparte del precio y la facilidad de acceder al mismo) es la resolución.

Definiremos a la resolución de un sistema de percepción remota como la capacidad que tiene un determinado sensor de distinguir o resolver como separadas dos señales próximas. A partir de estas consideraciones, la bibliografía menciona cinco tipos de resolución descriptas a continuación (Chuvieco, 2002; Moreira 2001).

2.6.3.1.- Resolución geométrica o espacial

Es la menor distancia a la cual se pueden encontrar puntos en el terreno y resolverlos como separados en la imagen.

Para el caso de sensores electrónicos y optoelectrónicos la resolución geométrica está determinada por el IFOV (campo de visión instantánea).

Esta medida, es el ángulo sólido sustentado por el mas pequeño elemento fotosensible con centro en el sistema óptico hacia el terreno y se mide en estereorradianes. Por ejemplo para el sensor TM (Thematic Mapper, tipo optoelectrónico) que se encuentra en el satélite Landsat 5 tenemos un IFOV=0,032 miliradianes, el cual me determina (con una órbita a 800km de altura) un área elemental visualizada en el terreno de 30 x 30m, que corresponde a la proyección del mínimo elemento imagen o píxel.

Para el caso de sensores fotográficos la resolución de un film se mide en líneas por mm, por ejemplo si tenemos un filme de 50líneas/mm y fotografiamos para obtener una escala 1/10000 el sistema será capaz de separar objetos de hasta 20cm (teniendo en cuenta que la resolución del sistema óptico de la cámara esté por encima de la resolución del film).

2.6.3.2.- Resolución espectral

Se refiere a la capacidad de discriminar por el sensor los diferentes intervalos de longitudes de onda reflejadas por el terreno. Esta permite caracterizar la composición espectral de la energía electromagnética reflejada por los objetos (frecuencias).

Esta resolución espectral se mide en función del rango de longitudes de onda en los cuales el sensor trabaja. Es así que un sensor con una resolución espectral de 500-590nm, 610-680nm y 790-890 tiene una mejor resolución espectral que uno de 530-900nm. Para el ejemplo anterior en el primer caso obtendremos tres imágenes de la misma escena, una para cada intervalo de longitudes de onda y para el segundo caso una.

Al conjunto de imágenes correspondientes a distintos intervalos de longitudes de onda que son tomadas en un mismo instante de tiempo para una misma escena del terreno se le llama imagen multiespectral.

Las imágenes de los satélites de percepción remota se caracterizan por ser de este tipo. A cada intervalo de longitudes de onda se le llama banda.

Una imagen de satélite comúnmente capta de 4 a 8 bandas distribuidas en el espectro visible, infrarrojo próximo, infrarrojo medio y termal.

2.6.3.3.- Resolución radiométrica

El promedio de la radiación reflejada por los distintos objetos dentro del IFOV da un valor de reflectancia que es registrado por el sensor y determina el nivel digital del píxel (ND).

La capacidad que tiene el instrumento de ser sensible a las variaciones de reflectancia del terreno y de registrarla se denomina resolución radiométrica.

El rango de valores de reflectancia que puede tomar un píxel oscila comúnmente entre 0 y 255, siendo 0 indicativo de ausencia de brillo (negro) y

255 el brillo máximo (blanco o nivel de saturación). Existen también sensores que trabajan con un rango de valores entre 128 niveles digitales (ND) y con 1024 ND.

2.6.3.4.- Resolución temporal

Está dada por el tiempo que tarda el sensor en pasar por una misma zona geográfica. Se aplica principalmente a los sensores orbitales (satélites), por ejemplo, el satélite Landsat tiene una resolución temporal de 16 días.

2.6.3.5.- Resolución angular

Consiste en la capacidad del sensor de observar una misma zona desde diversos ángulos (Chuvienco, 2008). Permite modelar los efectos de la reflectividad bidireccional y estimar variables atmosféricas, ya que se observa una misma superficie con distinto espesor atmosférico. Algunos sensores que poseen esta capacidad son el MISR (satélite Terra) y el sensor ATSR-2 sobre el satélite ERS-2.

2.6.4.- Satélites e imágenes de percepción remota

Caloz y Pythoud (2004) realizando una caracterización de terroirs vitícolas en el canton de Vaud (Suiza), utiliza modelos estereoscópicos obtenidos a partir de fotos aéreas a escala 1:5000, para el mapeo de unidades de suelos y obtención de modelos de terrenos con un píxel de 25m. Que en este caso no fue suficiente para delimitar las terrazas existentes. También utiliza modelos de terreno obtenidos a partir de altímetros láser, que le permiten obtener modelos de terrenos muy precisos, con píxeles de un metro. Se usaron además imágenes satelitales correspondientes a la banda 6 del satélite Landsat 7

(actualmente fuera de funcionamiento), buscando delimitar zonas por su gradiente térmico.

Existen numerosos satélites que producen imágenes de percepción remota con diferentes resoluciones. Podemos mencionar al sensor TM5 del satélite LANDSAT 5 (serie LANDSAT-origen EUA), que produce imágenes multiespectrales con una resolución geométrica de 30m (bandas 1 a 5 y 7) y una banda termal de 120m. Dichas imágenes son muy utilizadas en investigación sobre recursos naturales y estudios ambientales. Otros satélites son de la serie SPOT (Francia) con sensores tipo CCD, con resolución geométrica de 10m (visible e infrarrojo cercano) y 20m en el infrarrojo medio y 2,5 en modo pancromático y poseen además un sensor para vegetación de 1km de resolución geométrica y alta resolución espectral.

Otras misiones de percepción remota son: el satélite IRS (Indian Remote Sensing), CBERS (Satélite Chino-Brasileño), KOMSAT (Satélite Surcoreano para recursos naturales), satélite ASTER (USA), satélite IKONOS de alta resolución (4m multiespectral y 1m pancromático), satélite QUIKBIRD (2.5m multiespectral y 0.61m pancromático), satélite GEOEYE, satélite ENVISAT (ESA), satélites NOAA (USA), satélites AQUA y TERRA como parte del sistema de observación global terrestre (NASA) y METEOR (Rusia), entre otros.

2.6.5.- Análisis de la información de las imágenes obtenidas por percepción remota

Según Landgrebe (1988) una imagen de percepción remota se puede estudiar desde tres puntos de vista: un espacio imagen, un espacio espectral y un espacio muestral o de respuesta multiespectral. A partir de estos tres aspectos, mediante diferentes técnicas de análisis (que incluye la interpretación visual y el procesamiento digital de imágenes), es posible extraer información cuali y cuantitativa de la superficie observada. El análisis de imagen consiste en

la manipulación de la misma, aplicando algoritmos con ayuda de un computador, de modo de realzar zonas, presentar a la vista datos que antes no eran fácilmente visibles y delimitar regiones de la misma.

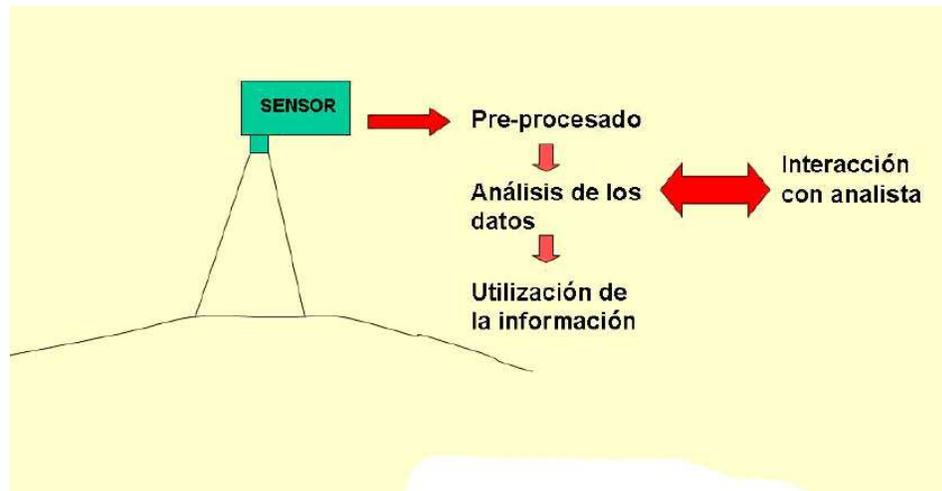


Figura N° 4. Pasos generales para la extracción de información multispectral proveniente de sensores remotos (Landgrebe, 1988).

Chuvieco (2008), menciona cuatro tipos de productos que pueden generarse a partir de una imagen:

- 1.- cartografía temática, asignando a cada píxel una clase temática objetivo.
- 2.- representaciones espaciales de variables de interés, se obtienen mediante la aplicación de modelos que relacione las medidas del sensor con las variables biofísicas de interés.
- 3.- detección de cambios, a partir de series multitemporales de imágenes.

4.- obtención de relaciones espaciales entre los distintos objetos de la superficie terrestre, entre las que se mencionan de posición, densidad, conexión, textura, ocupación, etc.

Entre las técnicas de análisis digital de imágenes se mencionan los índices de vegetación, éstos permiten separar distintas coberturas vegetales. Existen básicamente dos tipos: los basados en cocientes y los basados en transformaciones (Pinilla, 1995). Entre las basadas en transformaciones se mencionan la transformada de Tasseled Cap, el Verdor de la Vegetación (Kauth y Thomas, 1976; Hall, 1991), el índice de vegetación ajustado al suelo o SAVI (Huete *et al.*, 1992) y otros. Estos índices permiten mejorar la discriminación entre cubiertas con comportamiento reflectivo distinto y además reducen el efecto del relieve en la caracterización espectral de las cubiertas (Chuvieco, 2008).

Entre las basadas en cocientes están:

IRV o índice de razón de vegetación= banda infrarrojo cercano/ banda roja.

IVN o índice de vegetación normalizado= (banda infrarrojo cercano/banda roja + banda infrarroja)+ k(constante).

Los índices anteriormente expuestos son los más comunes o básicos, mencionando la bibliografía muchas variaciones.

2.7.- GEORREFERENCIACIÓN

Consiste en la ubicación de las distintas entidades, en un espacio geográfico definido por un sistema de coordenadas, que podrá ser de tipo angular o geográficas (latitud y longitud) o un sistema de coordenadas planas o cartográficas (x, y). Dicho de otro modo, cada atributo o dato espacial tendrá asociada una posición geográfica (D'Alge, 2006).

2.7.1.- Sistema de coordenadas geodésicas

En estos sistemas las posiciones en la superficie terrestre se determinan mediante coordenadas angulares (latitud y longitud).

La latitud es medida respecto al meridiano de Greengwich, dónde los valores tomados hacia el Este son considerados positivos (hasta 180°) y hacia el Oeste negativos, (hasta -180°).

La longitud es medida respecto al Ecuador, considerándose como paralelo de origen y dividiendo a la tierra en dos hemisferios: Norte y Sur.

En tales sistemas en general, la Tierra es modelada matemáticamente de forma simple, mediante un elipsoide. El mismo se ubica espacialmente respecto a centro de la tierra o respecto a otro elipsoide, según valores de desplazamiento del mismo (dx, dy, dz). Se define entonces un datum planimétrico mediante cinco parámetros: radio ecuatorial, achatamiento elipsoidal, y los tres componentes de un vector de traslación entre el centro de la Tierra y el elipsoide.

2.7.2.-Sistema de coordenadas planas

En estos sistemas los datos y las distintas entidades modeladas son ubicados en un sistema de coordenadas planas.

El pasaje de un sistema de coordenadas geodésicas a uno de coordenadas planas se realiza utilizando una proyección cartográfica. Esta transformación de una superficie curva a una plana produce deformaciones en las representaciones cartográficas. Por tanto los especialistas clasifican las proyecciones cartográficas según el tipo de proyección y el grado de deformación (D'Alge, 2006).

Con respecto a Uruguay desde la década de los años cincuenta se adoptó el sistema de proyección conocido como Gauss-Kruger, que debido a algunas

modificaciones se denominó Gauss, adoptando como meridiano central el de 62°(grados centesimales). El elipsoide de referencia utilizado fue el de Hayford, definiéndose el datum horizontal local llamado Yacaré.

La expresión de las coordenadas geográficas era en sistema centesimal mientras que las coordenadas planas lo era en kilómetros, éstas últimas tenían su origen en X a 500km al Oeste del meridiano de contacto 62°, en tanto que el origen en Y se situaba en el Polo Sur.

Desde aquella fecha toda la cartografía oficial del Servicio Geográfico Militar estuvo apoyada en estos sistemas de referencia y de proyección.

En años recientes debido a avances tecnológicos se fueron propiciando otros sistemas geodésicos regionales a los cuales se ha comenzado a migrar, modificando los sistemas de proyección utilizados en la cartografía y en el diseño de los SIG.

En este nuevo contexto asistimos al uso de sistemas de referencia como el SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) el cual es compatible con el WGS84, éste utilizando el elipsoide y el datum WGS84, con expresión de sus coordenadas geográficas en sistema sexagesimal (Perez, 2002).

Paralelamente, en forma progresiva se ha ido adhiriendo al sistema de proyección Universal Transversal Mercator (UTM), en la cual el Uruguay cae en las zonas 21 y 22 Sur y sus coordenadas planas expresadas en metros.

2.8.- ANÁLISIS GEOGRÁFICO UTILIZANDO ÁLGEBRA DE MAPAS

La propiedad que tienen los SIG de espacializar distintas variables dentro de un mismo entorno geográfico, permiten un análisis en conjunto de las mismas.

Estas variables, pueden ser representadas y almacenadas en el computador como distintas capas o planos de información, pudiendo visualizarse superpuestos uno sobre otros.

Según Tomlin (1990) y Câmara *et al.* (2001), el álgebra de mapas consiste en un conjunto de técnicas de análisis espacial por la cual se obtienen nuevos datos a partir de funciones aplicadas a uno o más mapas. Para ello se aplican funciones matemáticas de manera homogénea sobre cada uno de los mapas, siendo estas variables únicas. Dicho autor clasifica estos operadores de la siguiente forma:

a) Operadores puntuales: Los valores que toma la variable espacializada de salida son la resultante de una operación aplicada a las variables de entrada en cada localización geográfica.

b) Operadores de vecindad: Los valores que toman las variables espaciales de salida son la resultante de operadores que consideran los valores de las variables de entrada en una vecindad para una localización considerada.

c) Operadores zonales: Los valores que adquieren las variables de salida dependen de restricciones espaciales definidas para los datos de entrada. En este caso los operadores zonales actúan sobre regiones fijas, que no es el caso de los operadores de vecindad donde que operan sobre los datos en forma de máscaras o ventanas móviles.

2.9.-APLICACIONES DE LOS SIG EN VITICULTURA

2.9.1.-Viticultura de precisión

Según Königer (2003), la viticultura de precisión promueve un manejo agronómico variable acorde a las características específicas de la zona delimitada o sitio en producción utilizando tecnologías de posicionamiento global, información geográfica, monitores de rendimiento y estadísticas multivariadas.

El manejo de la información por los SIG a nivel de parcela vitícola requiere un alto nivel de precisión en lo que respecta a la ubicación, normalmente submétrica. Por ello, es frecuente el uso de DGPS (Diferencial GPS) técnica que permite una mejoría en la precisión de la ubicación geográfica (submétrica).

La incorporación de monitores de rendimiento en los equipos de cosecha, equipos de dosificación variable, imágenes de alta resolución de percepción remota para chequear el estado vegetativo del cultivo, son algunas de las técnicas que utiliza esta tecnología.

Estadísticas multivariadas como cluster y componentes principales, son frecuentemente utilizadas para delimitar zonas, a partir de capas, fundamentalmente de tipo raster o grilla, interpoladas por métodos geoestadísticos.

Las aplicaciones de la viticultura de precisión incluyen el estudio y la protección de enfermedades y plagas, a través del monitoreo, técnicas geoestadísticas y factores climáticos para delimitar zonas de riesgo y aplicación selectiva de plaguicidas y pesticidas, reduciendo el impacto ambiental y mejorando el beneficio económico en algunos casos (Bongiovanni *et al.*, 2006).

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- MATERIALES

3.1.1- Zona de estudio

La región de estudio se encuentra ubicada en un radio de unos 10 km alrededor de la ciudad de Colonia del Sacramento, departamento de Colonia, en la zona delimitada por el rectángulo comprendido por las coordenadas: $x_1 = 335425\text{m}$, $y_1 = 6214945\text{m}$ (vértice inferior izquierdo); $x_2 = 297695$, $y_2 = 6182711$ (vértice superior derecho; proyección Gauss-Kruger, datum Yacaré). Ocupando dicha área 68461 há.

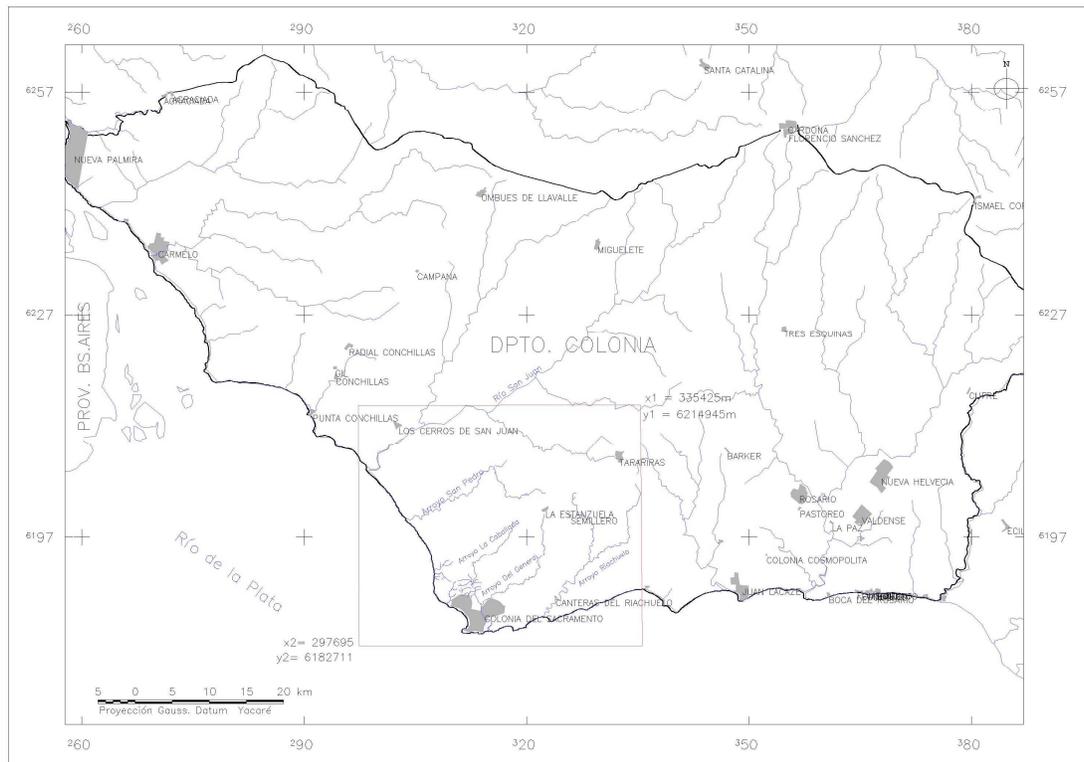


Figura N°5 Ubicación de la zona de estudio.

En dicha zona existen productores vitícolas, bodegas privadas y cooperativas, muchas de ellas con una tradición que se remonta al siglo XIX, con vinos de buena calidad.

Los establecimientos vitícolas alternan con otras producciones: olivos, cultivos extensivos, pasturas y lechería. Existiendo predios destinados exclusivamente al descanso y turismo, actividad en expansión que ejerce una importante presión inmobiliaria sobre el espacio de producción agropecuario.

3.1.2.- Software y hardware utilizado

El software utilizado como sistema de información geográfica fue el Spring (Sistema de Procesamiento de Informaciones Georreferenciadas, Câmara *et al.*, 1996), que incluye además los programas, Scarta, Imprima e lplot.

Otros programas utilizados fueron: Google Earth, MapSource y ArcExplorer.

El hardware consistió en una computadora con un disco de 80GB y 500MB de RAM y monitor de 17", se utilizó escáner.

Para la georreferenciación de afloramientos, muestreos de suelos, geológicos o fotografías panorámicas, se utilizó un GPS navegador Garmin eTrex Legend.

3.1.3.- Fuentes de datos utilizados para ingresar al SIG

Fueron utilizadas los siguientes datos:

- I) mapas políticos del Uruguay en formato *.shp (coordenadas ROU-USAMS) (Facultad de Ciencias, Dpto. de Geografía).
- II) mapas de la regionalización bioclimática multicriterio para el cultivo de la vid (Ferrer, 2007).

- III) dos cartas topográficas 1/50000 confeccionadas por el Servicio Geográfico Militar, denominadas: La Estanzuela y Colonia del Sacramento.
- IV) catastro de la zona en formato *.shp cedido por MTOP, Dirección Nacional de Topografía, georreferenciado en el sistema local ROU-USAMS (Yacaré).
- V) modelo de terreno en curvas de nivel cada 10m en formato *.shp cedido por MTOP, Dirección Nacional de Topografía (georreferenciado en (Yacaré).
- VI) carta geológica de la zona 1/50000 (Bossi, 2001) en papel.
- VII) fotogramas aéreos pancromáticos de la zona en estudio, correspondientes al vuelo 1966 del Servicio Geográfico Militar.
- VIII) imágenes bajadas del Google Earth.
- IX) imágenes multiespectrales CBERS II, sensor CCD.
- X) mapas de suelos CONEAT en formato *.shp en coordenadas ROU-USAMS (Yacaré).
- XI) Se realizaron además relevamientos geológicos, edafológicos y paisajísticos.

3.2.- METODOLOGÍA

3.2.1.- Creación del banco de datos geográfico

Utilizando el software Spring se creó un banco de datos geográfico para almacenar toda la información geográfica de la zona en estudio. El sistema gerenciador de base de datos (SGDB) utilizado es el Access.

La siguiente figura muestra la creación del SGBD a partir del Spring.

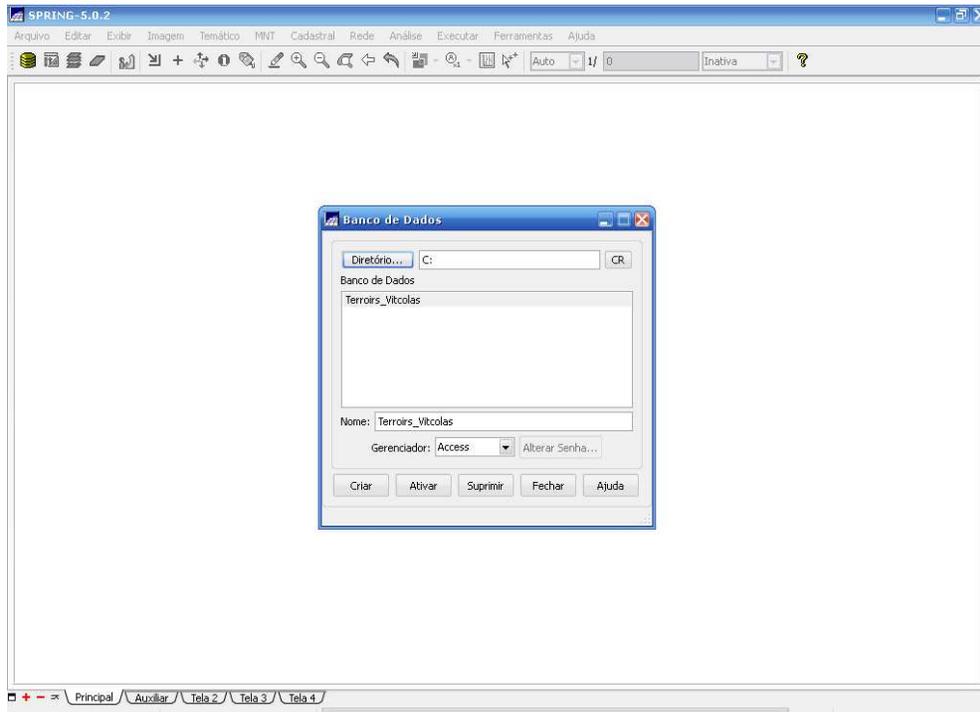


Figura N°6: Creación del banco de datos geográfico con el software SPRING.

3.2.2.- Creación de un proyecto

Un proyecto contiene capas o planos de información pertenecientes al banco de datos geográfico. En primer lugar se define, asignando un nombre y los límites geográficos para el área de estudio, luego el sistema de proyección y el datum. Los límites geográficos para el proyecto incluyen todo el Uruguay, para que se pueda ingresar al mismo la zonificación multicriterio hecha por Ferrer (2007).

Se utilizó como sistema de referencia geodésico local, el ROU-USAMS (Yacaré) y como sistema de proyección Gauss. Se eligió este sistema de

proyección y datum, ya que la mayor parte de la información nacional al momento de este trabajo estaba en este sistema. Toda información georreferenciada ingresada a este proyecto deberá estar en este sistema de proyección y datum, debiendo realizarse las transformaciones correspondientes para el ingreso de datos georreferenciados en otros sistemas.

La siguiente figura muestra el procedimiento realizado con el Spring para crear el proyecto, al cual se le denominó: Estudio_terroirs_Colonia.

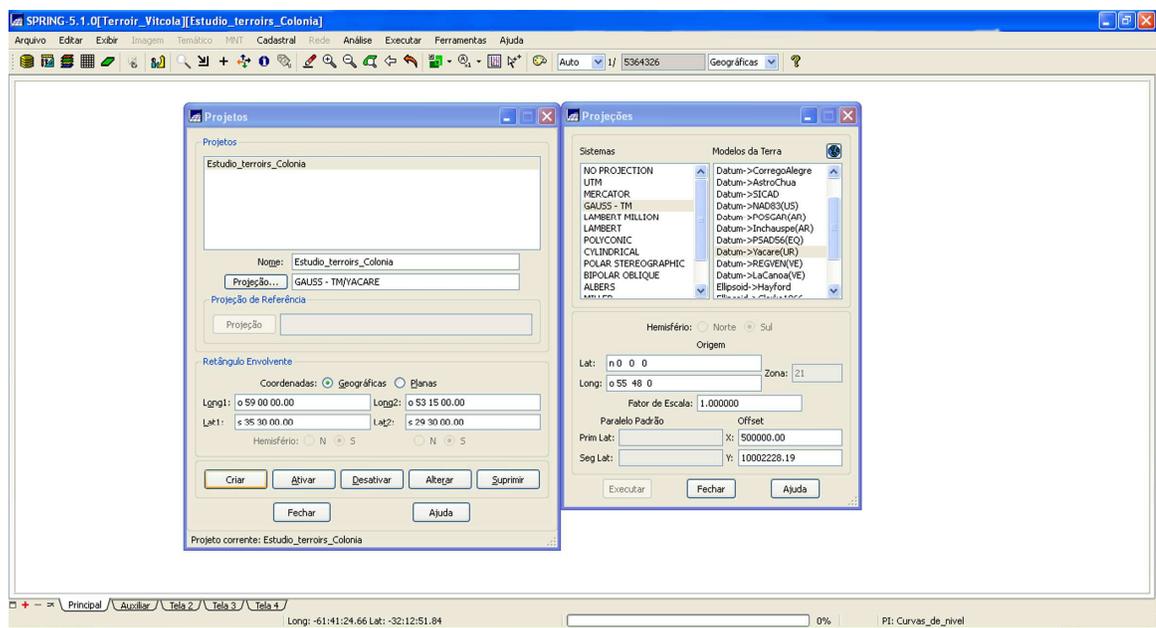


Figura N° 7: Creación del proyecto Estudio_terroirs_Colonia y delimitación del área con Spring.

3.2.3.- Creación de los modelos de datos

Previo al ingreso de los datos al SIG, se crean los modelos para los mismos. Aplicando el marco conceptual de Gomes y Velho (1995), se genera la tabla N° 2, dónde se muestran los distintos tipos de datos (columna: Mundo

real), la fuente de dónde provienen (columna: Fuente de datos), el modelo conceptual elegido para representarlos (columna: Modelo conceptual) y la manera de representarlos gráficamente (columna: Representaciones) a través los distintos planos de información creados.

La siguiente imagen muestra la ventana del programa SPRING que permite la creación de los distintos modelos de datos.

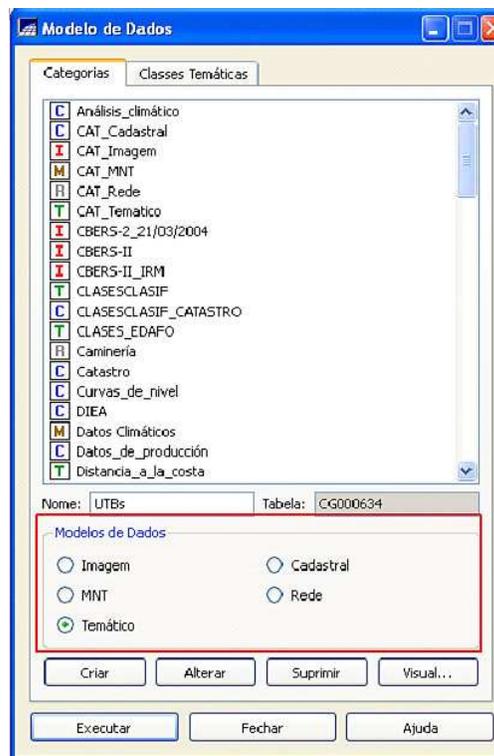


Figura N°8: Interfase del software SPRING para la creación de los distintos modelos de datos.

Dentro de cada uno de los modelos de datos se crearon las capas o planos de información requeridos para ingresar la información.

Tabla N° 2 Modelos de datos, representaciones computacionales y planos de información creados con el SPRING.

Mundo real	Fuente de los datos	Modelo conceptual	Representaciones	Planos de Información o capas.
Zonificación bioclimática multicriterio para la vid (Ferrer, 2007)	Mapa de clasificación multicriterio para la vid (Ferrer, 2007) georreferenciado en formato shp.	Geo-objeto Modelo catastral	Vectorial (polígonos)	Delimitación bioclimática multicriterio de la zona en estudio. <u>Figura N° 12</u> pag. 56 <u>Figura N° 33</u> pag.88
Ubicación de los viñedos de la zona de estudio	Imágenes Ikonos bajadas de Google y georreferenciadas con mapa base. Ubicación de los viñedos tomados con GPS.	Geo-objeto Modelo catastral	Vectorial (polígonos)	Ubicación de los viñedos y bodegas en la zona de estudio <u>Figura N° 10</u> pag. 50
Distribución de la vegetación, cultivos, suelos	Imágenes satelitales bajadas del Google Earth. Imágenes satelitales multiespectrales CBERS 2 CCD	Geo-campo Modelo imagen	Matricial	Imagen Google Earth Índices de Vegetación Normalizados <u>Figura N° 27</u> pag.83
Geología de la zona	Muestreos a campo Fotos aéreas pancromáticas rectificadas (vuelo 1966 SGM). Carta geológica de la zona 1/50000	Geo-objeto Modelo catastral	Vectorial (puntos)	Muestreos: <u>Figura N° 13</u> pag.57 Puntos de toma de fotos (con hipervínculos a las fotos) Geología. <u>Figura N° 14</u> pag. 59 Transectas.
		Geo-campo Modelo temático	Vectorial (polígonos)	
Suelos	Muestreos a campo Mapas de grupos de suelos CONEAT Tablas de reclasificación para la zonificación cv. vid. Pg.121 y 122	Geo-objeto Modelo catastral	Vectorial (puntos)	Muestreo de suelos Riesgo erosión. <u>Figura N°16</u> pg.67 Agua disponible. <u>Figura N°17</u> pg.68 Zonificación vid. <u>Figura N°18</u> pg.70
		Geo-campo Modelo Temático	Vectorial (polígonos)	

Relieve (cotas, pendiente y exposición)	Curvas de nivel cada 10 m digitalizadas georreferenciadas	Geo-objeto Modelo Numérico de Terreno	Vectorial (líneas 3D)	Curvas de nivel (líneas 3D). Figura N° 19 pg.72 Modelo de terreno (malla TIN) y raster. Figura N° 20 y 21 pgs.73, 74 y 75 Pendientes (matricial 3D). Figura N°23 pg.76 Exposición (matricial 3D). Figura N°24 pg.77 Aptitud exposición. Figura N°25 pg.78 Topopaisajes. Figura N°26 pg.81
		Geo-objeto MNT	Vectorial malla TIN (Triangular Irregular Network)	
		Geo-campo MNT	Matricial (3D)	
Hidrografía, infraestructura, rutas, bodegas, etc.	Datos obtenidos de la carta topográfica 1/50000, puntos de GPS, Google Earth	Geo-objeto Catastral	Vectorial	Caminería. Hidrografía. Bodegas. Estaciones meteorológicas
Unidades de paisaje: Unidades territoriales básicas y unidades territoriales vitícolas o “terroirs”	Mapas de grupos de suelos CONEAT Aplicación de operadores zonales a las unidades de paisaje que son tomadas de CONEAT para su caracterización. Agrupación de dichos segmentos por criterios .	Geo-objeto Catastral Geo-campo Catastral Geo-objeto Catastral	Vectorial Vectorial Vectorial	Caracterización de UTB. Figura N° 34 pg.94 UTV o “Terroirs” potenciales. Figura N° 35 pg. 100

3.2.4.- Metodología de análisis

Para obtención de las Unidades Territoriales Vitícolas o “terroirs” se tuvieron en cuenta los criterios propuestos por Cervantes citado por Salinas Chávez y Middleton (1998) y para la delimitación de unidades de paisaje se siguió la metodología propuesta por Vaudour, (2003).

Se cartografiaron las unidades de pedopaisaje según criterios de pedogénesis, para ello se utilizó el mapa vectorial de Grupos de suelos CONEAT.

Dichas unidades homogéneas, fueron caracterizadas aplicando operadores zonales de media y moda, con las informaciones obtenidas en bioclima, geología, suelos, topografía, vegetación y otras (Tomlin, 1990; Barbosa, 1996; Crepani *et al.*, 1996). Estas unidades así caracterizadas serán las Unidades Territoriales Básicas (Barbosa, 1996).

Las UTB fueron reagrupadas según criterios de jerarquía, donde la caracterización bioclimática es el primer criterio (Ferrer, 2007), seguido de la geología, los suelos y otros, Salinas y Middleton (1998), Las Unidades Territoriales Vitícolas serán obtenidas a partir de la reagrupación de las UTB con viñedos.

Los pasos seguidos son los siguientes:

I.-Ubicación y georreferenciación de los viñedos mediante GPS, mapas catastrales e imágenes IKONOS.

II.-Delimitación de las unidades territoriales básicas según criterios de pedopaisaje, utilizando para ello la delimitación de pedopaisajes realizada por CONEAT.

III.-Caracterización de estas unidades desde el punto de vista bioclimático, geológico, pedológico, morfológico, productivo y social, aplicando operadores zonales según la metodología empleada por Barbosa, (1996) y Crepani *et al.*, (1996). Estas operaciones se realizaron con el programa de información

geográfica SPRING (Sistema de Informaciones Georreferenciadas, Barbosa *et al.*, 1998), que tiene un módulo basado en el lenguaje de programación LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento ALgébrico; Câmara, 1995; Barbosa y Cordeiro, 2001).

IV.- Agrupamiento de las distintas unidades territoriales básicas según criterios de respuesta semejante para el cultivo de la vid, dónde el primer criterio de reagrupación de las UTB son los índices bioclimáticos (Ferrer, 2007).

V.- Obtención de las distintas Unidades Territoriales Vitícolas potenciales o “terroirs” potenciales a partir de la selección de aquellas UTB que poseen viñedos.

VI.- Generación de mapas utilizando el módulo Scarta.

El siguiente diagrama de flujo (Tabla N°3) muestra los procedimientos aplicados con el sistema de información geográfica, en el procesamiento de los datos, para la obtención de las Unidades Territoriales Vitícolas potenciales o “terroirs” potenciales.

Tabla N° 3: Diagrama de flujos mostrando la secuencia de procesos usada en el SIG, para caracterizar y delimitar las UTV o “terroir” vitícolas potenciales.

Paso 1: Obtención de los distintos planos de información o capas

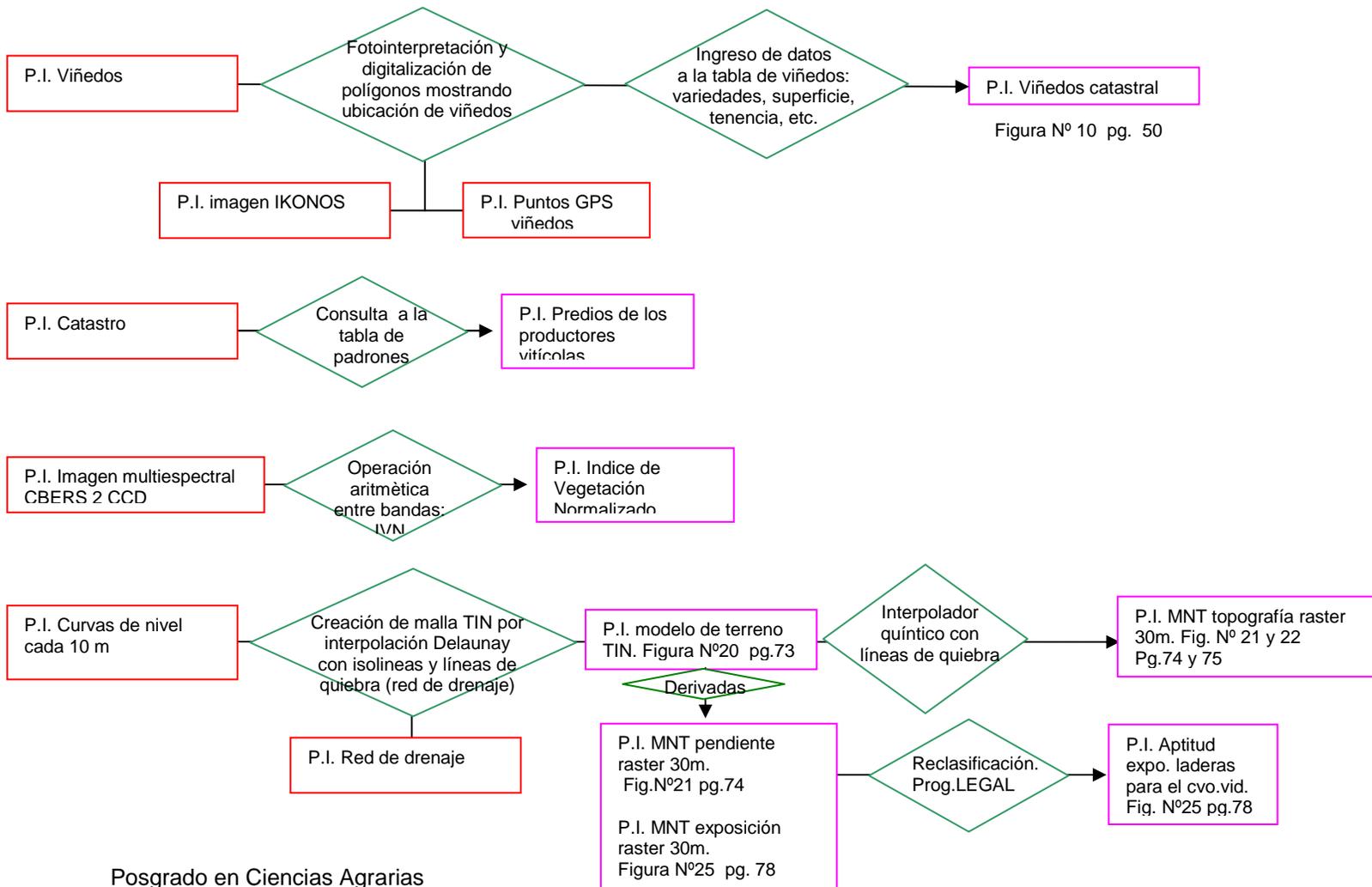
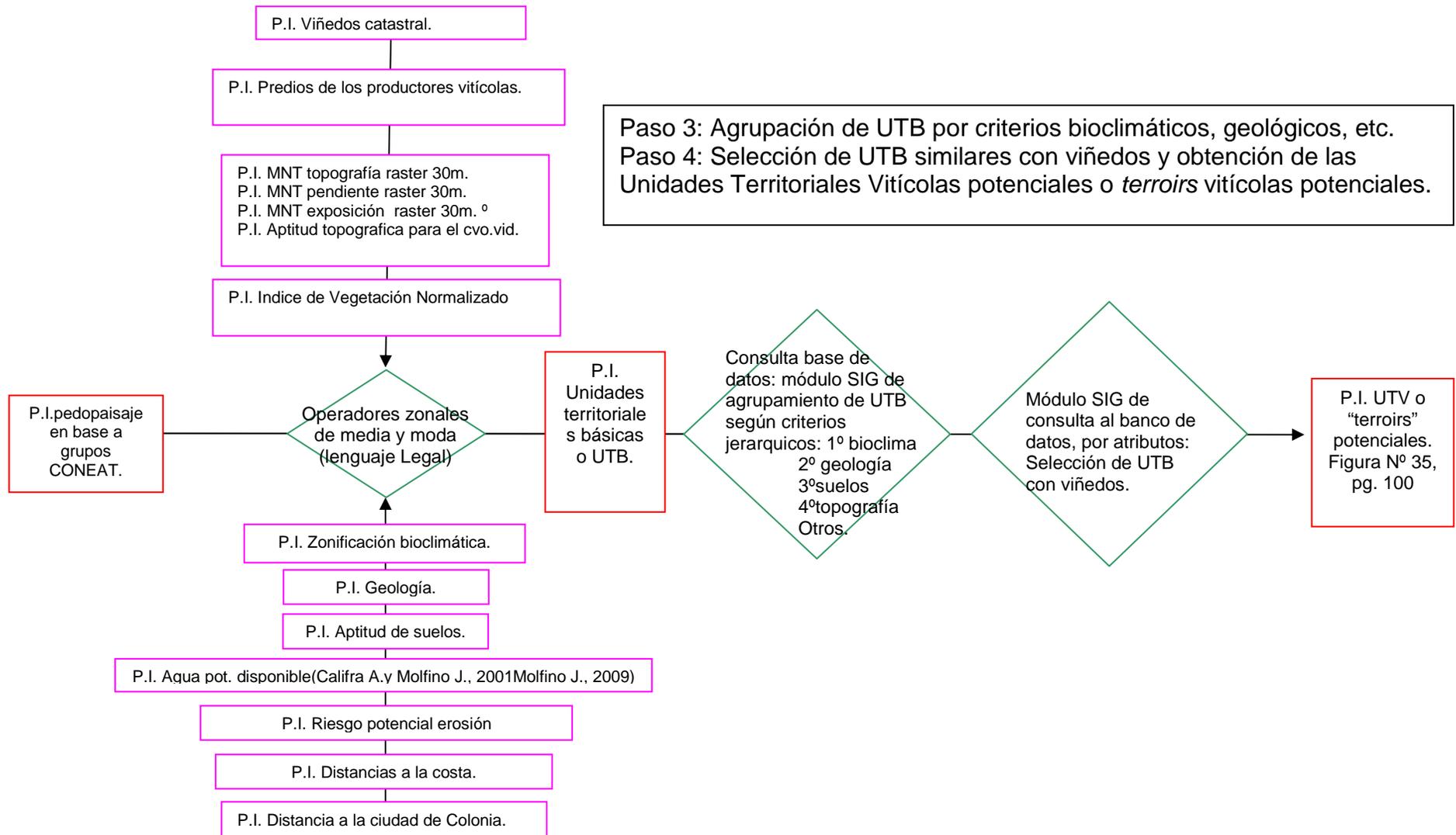


Figura N° 10 pg. 50



Paso 2: Caracterización de las unidades de pedopaisaje utilizando las capas anteriores aplicando operadores zonales (lenguaje LEGAL).

Paso 3: Agrupación de UTB por criterios bioclimáticos, geológicos, etc.
 Paso 4: Selección de UTB similares con viñedos y obtención de las Unidades Territoriales Vitícolas potenciales o *terroirs* vitícolas potenciales.



4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS VIÑEDOS

Utilizando GPS, mapa de catastro e imágenes satelitales georreferenciadas provenientes de Google Earth se ubicaron los productores y sus viñedos, se ingresó esta información para crear un plano de información de tipo catastral.

Figura N° 9: Imagen Google de la zona, georreferenciada e ingresada al SIG, con la capa de padrones superpuesta (en amarillo).

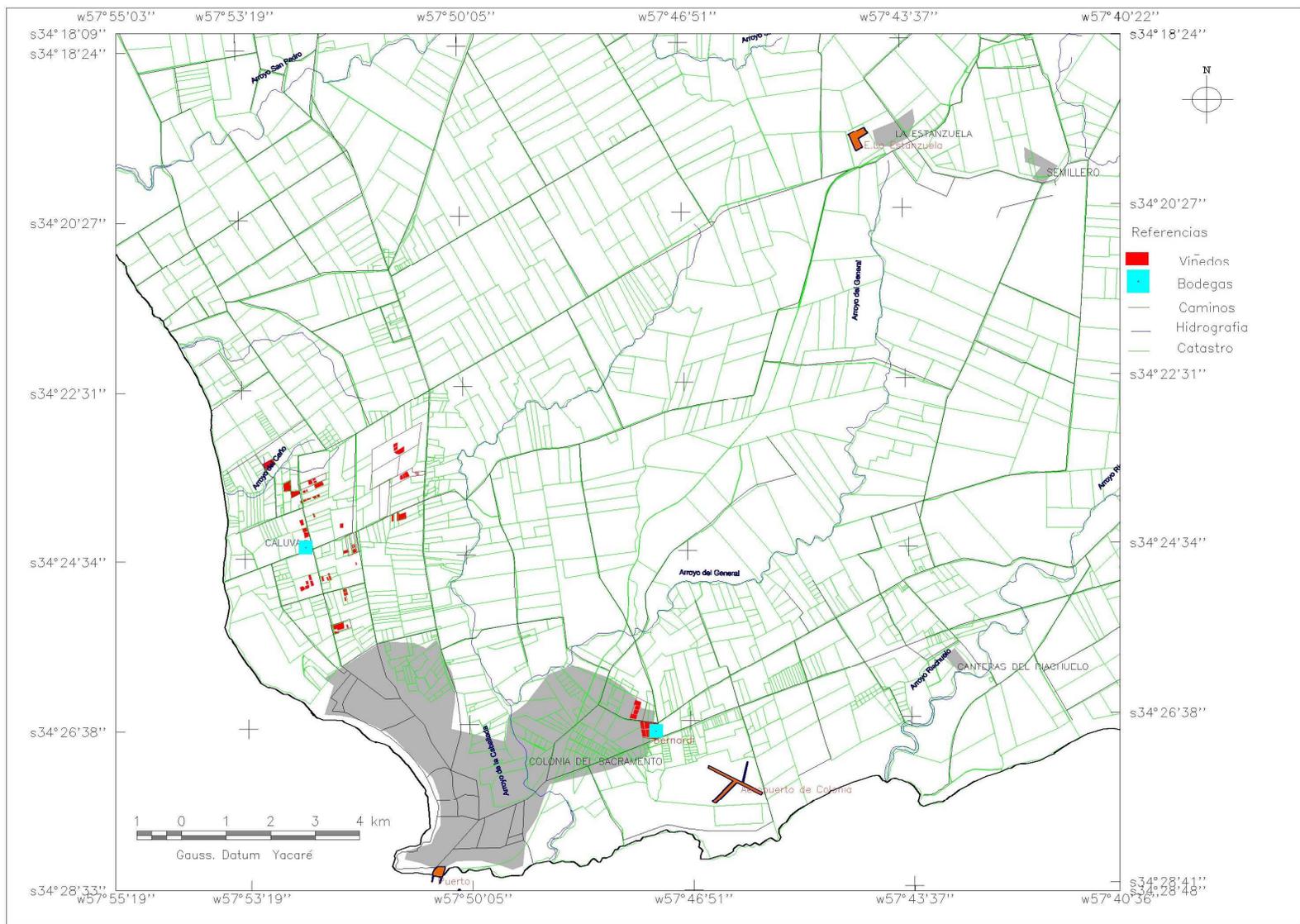


Imagen Google (nov.2004), mostrando un viñedo sobre el km de la Ruta N° 1.

Se observa una textura rayada, dada por el sistema de conducción en espaldera.



Figura N° 10: Ubicación de los viñedos y bodegas en la zona de estudio.



La figura N°10 muestra la ubicación de las parcelas vitícolas y las bodegas de la zona. En la zona de estudio se encuentran dos bodegas: la cooperativa CALUVA y la bodega Bernardi (figura N°10). La primera agrupa a los productores ubicados en la zona noroeste, sobre la ruta N° 21 y la segunda pertenece a la familia Bernaridi, ubicada sobre la ruta N° 1.

La superficie total de viñedos a partir de datos de INAVI es la siguiente:

Variable	Tannat	Moscatel de Hamburgo	Merlot	Cabernet Sauvignon	Ugni Blanc	Cabernet Franc	Otras	Total
Área (há)	14,5	8,5	6,6	1,9	1,4	1,2	18,4	52,5 há
Porcentaje	27,6	16,2	12,5	3,7	2,7	2,3	35	100%

Tabla N° 4: Superficie total de viñedos (fuente INAVI).

Dichos datos muestran que el 27,6 % de los viñedos de la zona corresponden a la variedad Tannat, el resto se distribuye entre las variedades Moscatel de Hamburgo 16.2 %, Merlot (12,5%) y otras variedades (43,7%).

Se observa un porcentaje significativo de viñedos destinados a la producción de uva de mesa o con doble propósito, como es la variedad Moscatel de Hamburgo con unas 8,5 há.

Aplicando un buffer de distancias a la Ciudad de Colonia se determinó que los viñedos se encuentran entre 0,7 a 5 km del cono urbano de la ciudad.



Foto N° 1. Bodega Bernardi



Foto N° 2: Bodega Cooperativa CALUVA.

4.2.- CARACTERIZACIÓN BIOCLIMÁTICA

Las cercanías de la costa a los viñedos ejerce una influencia atemperante sobre la temperatura media del aire, que se ve reflejada en los datos meteorológicos y en los índices bioclimáticos (Ferrer, 2007).

Esta influencia, se modeló aplicando una operación de buffer de distancias a la costa (figura N°11), conociendo que existe un incremento de 1,6° C respecto a temperatura máxima del mes más cálido (enero, promedio 1961 a 1990) a partir de datos tomados de la Estación Meteorológica de la Estanzuela, (ubicada a 13km de la costa, con una temperatura máxima de 28,9°C) respecto a la Estación Meteorológica de Colonia del Sacramento, (emplazada sobre la costa, con una temperatura media a enero de 27,3° C). Esto implicaría que el incremento en la temperatura media por kilómetro hacia tierra adentro es de unos 0,12°C/km.

Esta tendencia, coincide con la encontrada por Myburgh (2005), para la costa oceánica de Cape (África del sur), aunque el incremento fue mayor (0,6°C por cada 10km).

En la zona de estudio, el 82,6% los viñedos están entre los 1000 y 3000 m de la costa y a no mas de 4200 m, por tanto entre el viñedo más alejado de la costa y el más cercano, suponiendo un incremento de la temperatura de 0,12°C/km, habría una diferencia de la temperatura media del mes mas cálido de unos de 0.37°C

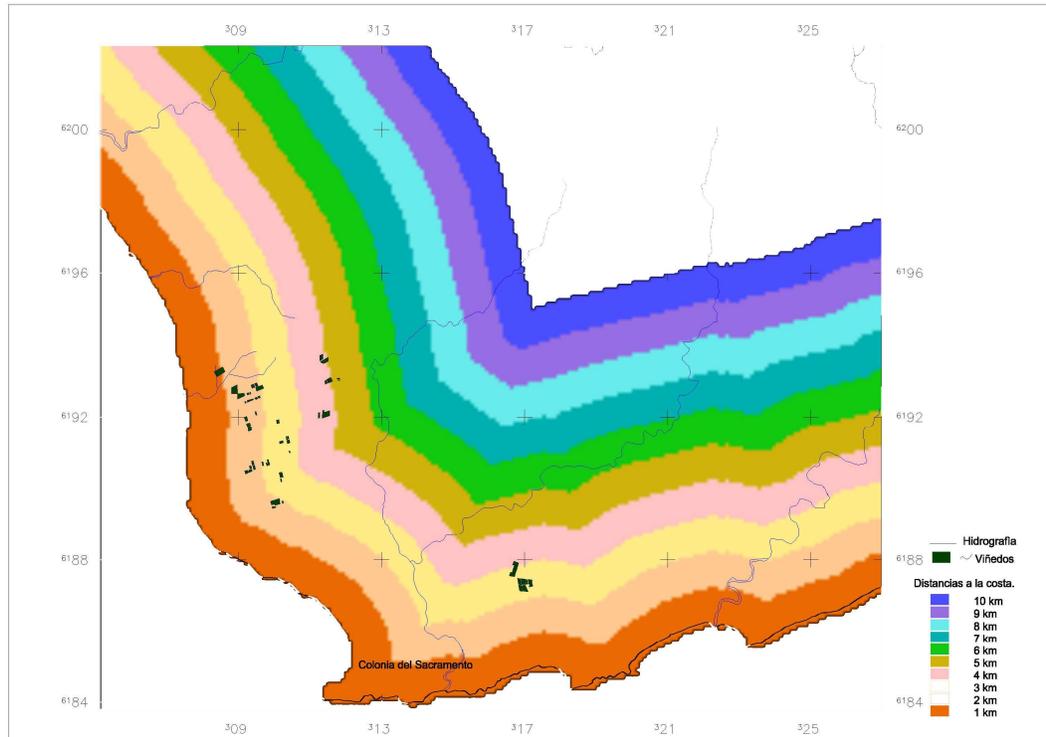


Figura N° 11: Mapa buffer de distancias a la costa del Río de la Plata.

Superponiendo el mapa de regiones bioclimáticas para el cultivo de la vid (Ferrer, 2007) se determinó que los viñedos dentro de la zona de estudio se encuentran totalmente comprendidos dentro de la región IHA4 ISA1 IFA1, difiriendo de la región próxima a los alrededores de La Estanzuela (tabla N° 5).

Tabla N° 5: Índices bioclimáticos en la región de estudio.

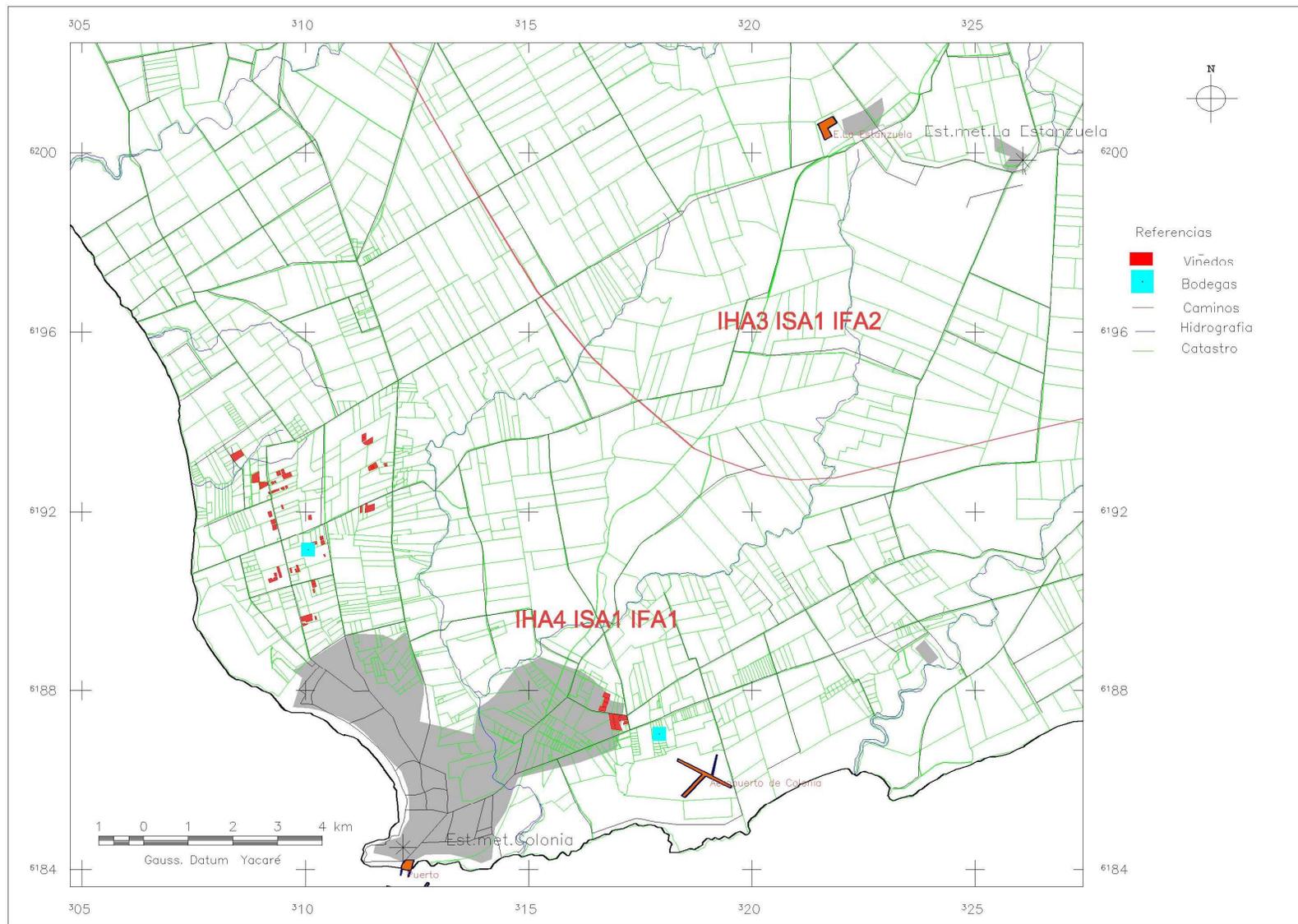
	IHA	ISA	IFA
Colonia IHA4 ISA1 IFA1	2157°C	14 mm	18°C
La Estanzuela IHA3 ISA1 IFA2	2141°C	8 mm	16.2°C

Esta región (IHA4 ISA1 IFA1) se corresponde un clima vitícola templado cálido, con noches cálidas y sequía moderada. Caracterizándose por la influencia ejercida por la brisa del mar sobre la temperatura nocturna (Ferrer, 2007). Se diferencia de la región próxima inmediata (IHA3 ISA1 IFA2), que se corresponde con un clima vitícola templado, con noches templadas y sequía moderada.

Desde el punto de vista térmico un índice heliotérmico de Huglin adaptado IHA4, indica que no habría restricciones para que las bayas alcancen tenores de azúcares adecuados a la madurez. Un índice ISA1, implicaría condiciones de estrés moderado en el período de maduración de las bayas, es decir condiciones favorables para la detención del crecimiento, maduración de las bayas y síntesis de metabolitos secundarios. En cambio, un índice de frescor nocturno IFA1, es indicativo de temperaturas nocturnas un poco elevadas a la maduración, lo que puede producir disturbios en la producción de metabolitos secundarios, tales como pH altos (Tomasi *et al.*, 2003).

Estos valores mayores de índice de frescor nocturno, respecto a otras zonas, puede deberse a la influencia marítima del estuario del Río de la Plata (Ferrer, 2007) con su aporte de aguas templadas continentales.

Figura N° 12: Delimitación bioclimática multicriterio de la zona en estudio.



4.3.- CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

La imagen satelital siguiente nos muestra la zona de estudio. Se realizó una fotointerpretación con estereoscopía utilizando fotos aéreas (SGM, 1966) para diferenciar distintas unidades geomorfológicas. Las cruces amarillas son las ubicaciones dónde se hicieron los muestreos geológicos (figura N°13).

Figura N° 13: Ubicación de puntos de muestreos geológicos y foto aérea sobre imagen Google.



Los datos geológicos y edafológicos (muestreos georreferenciados con GPS y carta geológica 1/50000), fueron ingresados al sistema. Para el caso de las cartas o mapas en papel se requirió el escaneo, georreferenciado y digitalización de las mismas.

La zona está dominada principalmente por materiales pertenecientes a la Formación Raigón (Era Cenozoica, Plioceno) y a la Formación Libertad (Cenozoico-Período Cuaternario), no apareciendo basamento cristalino sino hacia el norte, sobre la ruta 21 (lugar conocido como Piedra del Indio) (Califra y Michelazzo, 2006).

La Foto N° 3 muestra el perfil geológico de las barrancas en la costa oeste de Colonia del Sacramento.

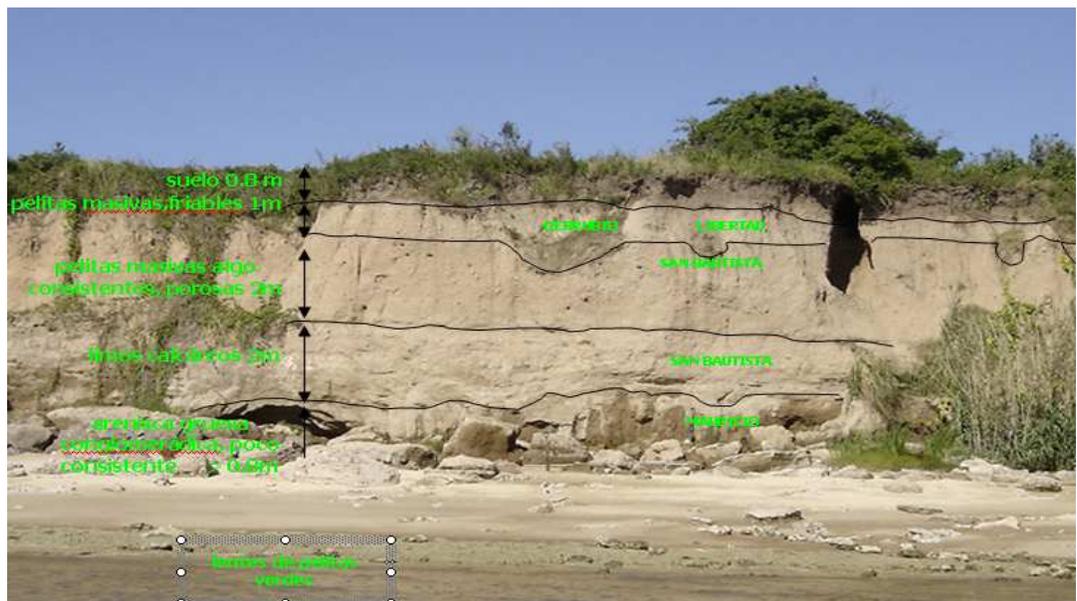


Foto N° 3: Perfil geológico sobre las barrancas de la costa oeste.

Se constata que la zona en estudio estuvo afectada por fenómenos tectónicos relativamente recientes (Período Cuaternario). Dicha tectónica afectó el basamento cristalino, produciendo una dislocación de las formaciones depositadas sobre el mismo (terciario y cuaternario), produciendo una inclinación leve de los subbloques hacia el suroeste.

El esquema siguiente muestra un corte en dirección E-W sobre la zona ilustrando el perfil geológico.

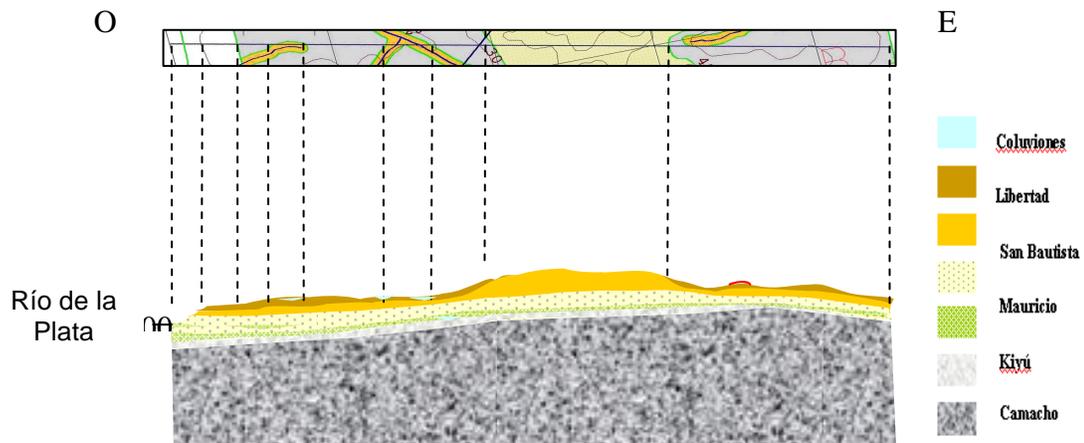
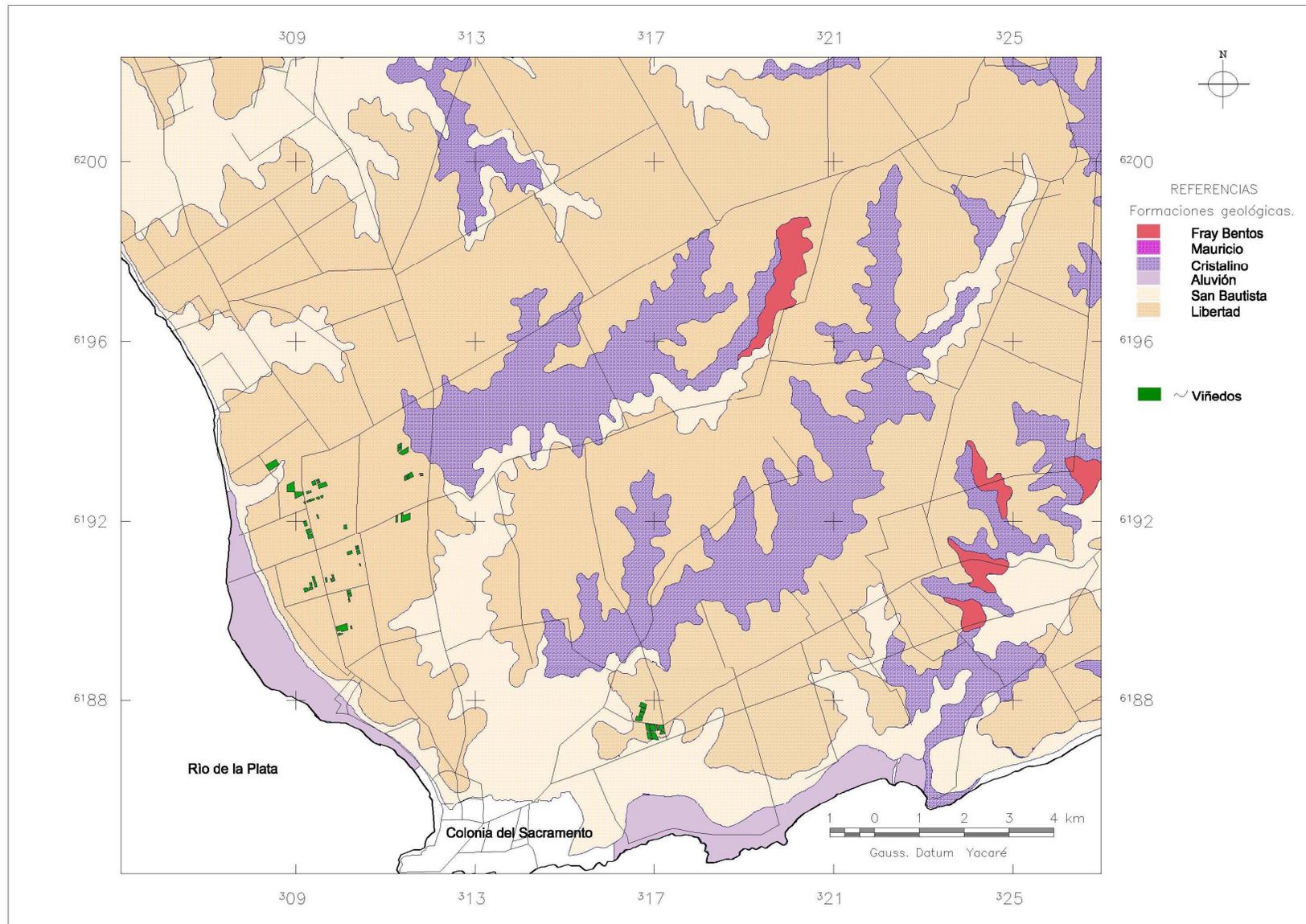


Figura N° 14: Corte geológico en dirección W-E, en la zona del Real de Vera (ver transecta en la figura N°13).

Se georreferenció y digitalizó un mapa geológico preliminar de la zona (Bossi, 2001), el cual se muestra en la figura N° 15. Basándonos en este mapa y los datos relevados de campo se determinó que casi un 100% del área de viñedos se encuentra sobre la formación Libertad apoyada sobre la formación Raigón.

Los materiales generadores promueven la formación de suelos fértiles medios a profundos con un aporte importante de limo y arena debido principalmente a la Formación Raigón. El limo de la formación Libertad produce horizontes B con marcado grado de diferenciación, afectando el drenaje interno y la exploración radicular.

Figura N° 15: Mapa geológico 1:50000 (Bossi, 2001).



4.4.-CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

Se realizó una descripción de los suelos de la zona tomando como base la carta de suelos 1:200.000 MGAP, la cartografía de grupos de tierra CONEAT y descripciones de perfiles en base a taladro holandés y calicatas sobre la zona dónde se ubican los viñedos.

Se determinó la génesis de los materiales edáficos a partir de las formaciones Libertad, Raigón y Fray Bentos con aportes de gravas y gravillas correspondientes al basamento cristalino. La región está dominada por un paisaje suavemente ondulado, con pendientes que oscilan del 1 al 4%, encontrándose algunas zonas planas y altas con algunos problemas de drenaje local.

Los suelos son en general, profundos, con un contenido medio a alto en humus en las capas más cercanas a la superficie. En los horizontes subsuperficiales, es posible verificar un fuerte enriquecimiento relativo en arcilla, por lo que los perfiles de estos suelos son diferenciados, dificultando en mayor o menor medida, el drenaje interno (Alliaume y Silva, 2005).

La mayoría de los viñedos estudiados, y aún considerando el resto de los predios vitícolas que se encuentran en la zona, pertenecen al grupo CONEAT 10.6a. (65,8%). Lo observado coincide con la descripción del grupo, tanto en el relieve, que es suavemente ondulado, como en los suelos encontrados.

Se interceptó el plano de información del área de viñedos con el de CONEAT, obteniendo la tabla N° 6.

Gr.CONEAT	Área (há)	%
09.4	0,02	0,04
10.11	3,01	5,74
10.15	5,2	9,91
10.6a	34,57	65,87
10.8b	4,88	9,30
11.9	4,8	9,15
Total	52,48	100,00

Tabla N° 6: Área vitícola ocupada según grupo de suelos CONEAT en la zona de estudio.

Se realizaron descripciones de perfiles de suelos a partir de muestreos con taladro, también se tomaron muestras para su análisis físico-químico.

Los puntos de muestreo consideraron las siguientes posiciones topográficas: zonas planas y altas, laderas y zonas bajas.

a) Zonas planas y altas: ubicadas entre las cotas 30 y 40m, pendientes menores al 1,5%, el material geológico corresponde a la formación Libertad. En esta posición topográfica, el material genético tiene un mayor contenido en arcillas, dominando los minerales expansivos montmorilloníticos, que le confieren a los suelos fertilidad y capacidad de retención de agua, aunque en exceso, provocan algunas propiedades desfavorables, ya que cuando están húmedos son muy plásticos y muy duros, cuando están secos. En general el tipo de suelos encontrados son en su mayoría Brunosoles Subéuticos a Éutricos Típicos, con algún planosol local. En profundidad se detecta la presencia de material calcáreo.



Fotos N° 4 y 5: Paisaje y perfil de suelo de un muestreo tomado en una zona topográfica alta.

b) Laderas: en general son suelos menos profundos, mejor drenados y con un menor contenido de arcilla y mayor de limo. Presentan también horizontes diferenciados Bt mas ricos en arcilla. El contenido de minerales montmorilloníticos pertenecientes a la fracción arcilla es menor. El drenaje es moderadamente bueno, lo que se evidencia en la presencia de moteados debidas a condiciones de óxido reducción. En menor medida se encuentran concreciones de FeMn. Los suelos encontrados son de tipo Brunosoles Subéutricos Típicos.

c) Zonas bajas: son zonas con cotas menores a 10m y pendientes menores al 1%, se encuentran en adyacencias a desagües o cursos de agua. El material geológico de la zona es reciente, de tipo aluvional (período Holoceno). Estas zonas reciben el aporte debido al arrastre de materiales erosionados de las zonas más altas. Los suelos desarrollados son muy profundos y fértiles, aunque con problemas de drenaje en períodos de exceso hídrico. Los suelos que predominan son Brunosoles Éutricos/ Subéutricos Típicos.

Los cateos realizados fueron ubicados mediante puntos de GPS, se tomaron fotos del paisaje general de la zona. Dicha información fue ingresada la SIG, asociando cada punto de GPS con hipervínculos a las fotos tomadas del paisaje general de la zona.



Fotos N° 6 y 7- Paisaje y perfil de suelo de un muestreo tomado en una zona topográfica baja.

En todos los suelos estudiados se destaca la alta proporción de limo, que es en todo el perfil cercano al 50% de la fracción mineral. En todos los casos los horizontes A son de textura franco limosa. El contenido de arcilla, que es en los horizontes A en torno al 20%, se incrementa en mayor medida en los horizontes

subsuperficiales, siendo mayor la diferenciación de texturas del horizonte B con respecto al horizonte A, en las zonas planas. La textura en los horizontes Bt es en general franco arcillo limosa, mientras que en las zonas planas, donde se favorece la acumulación de agua y lavado de arcilla, es arcillo limosa. En dos de los sitios relevados en posiciones bajas planas, existe un horizonte E, marcado por la disminución de arcilla sobre el horizonte Bt con un grado muy marcado de diferenciación textural con respecto al horizonte A. En estos casos el drenaje es imperfecto.

Por otra parte, se generó un mapa de riesgo de erosión, aplicando criterios cualitativos a los suelos dominantes, según riesgo de erosión potencial. Se buscó con ello mapear la sostenibilidad física de la región (figura N°14). En este trabajo no se evaluó la sostenibilidad social y económica, lo que implicaría evaluar datos socio económicos y considerar además la erosión actual.

Se consideró la alimentación hídrica en la vid (Bodin y Morlat, 2006) al utilizar la clasificación de agua potencialmente disponible neta para la tierras del Uruguay (Molfino, 2009; Califra y Molfino, 2001). Se generó el mapa de la figura N°17.

Figura N° 16: Mapa temático de riesgo de erosión.

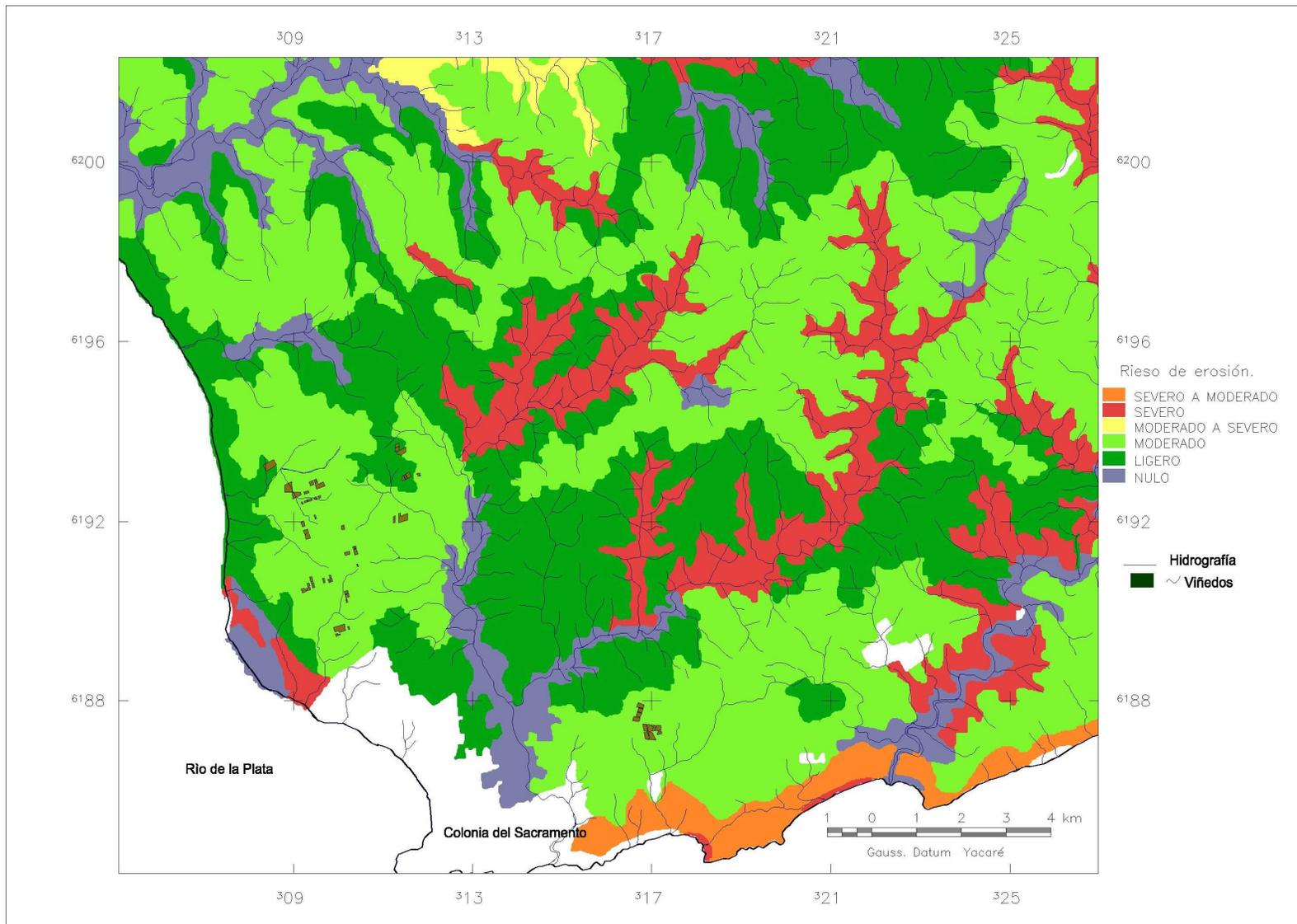
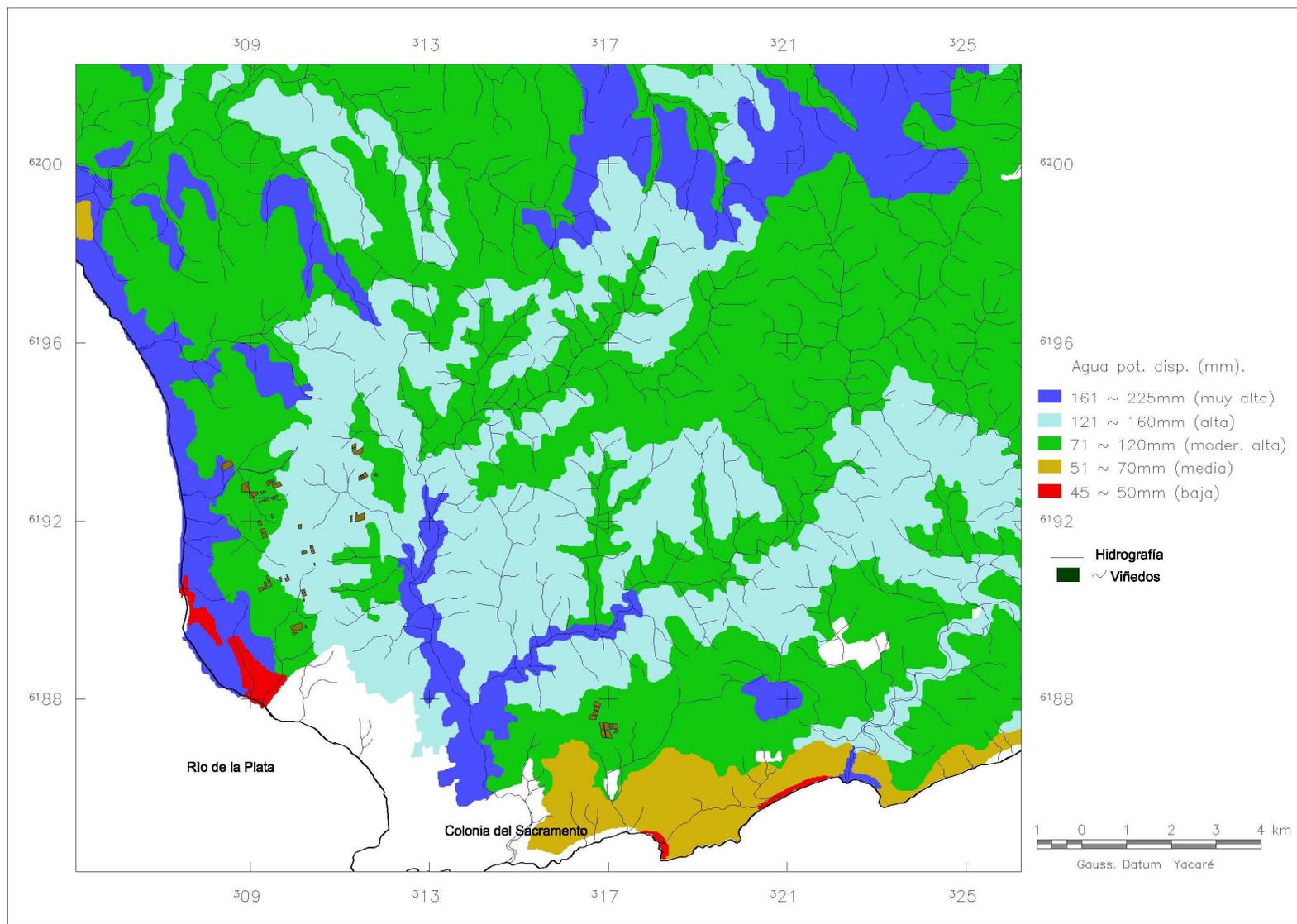


Figura N°17: Mapa temático de agua potencialmente disponible (Molfino J., 2009).



Considerando los Grupos CONEAT y el informe de suelos generado para la zona de estudio, se confeccionó una primera aproximación de zonificación por aptitud natural de las tierras para el cultivo de la vid. Se tuvieron en cuenta las siguientes cualidades de la tierra: el suelo dominante, el drenaje (d), el agua potencialmente disponible, la fertilidad natural (f), el riesgo de inundación (i), la rocosidad (r), el riesgo de erosión (e) y el riesgo de heladas (h). En el anexo se muestran las tablas utilizadas para la ponderación de los factores intervinientes en la zonificación. Las clases consideradas fueron las siguientes:

- S1:** Tierras muy aptas
- S2:** Tierras aptas
- S3:** Tierras medianamente aptas
- N1:** Tierras marginales
- N2:** Tierras no aptas

Tabla N° 7 Zonificación primaria por aptitud de las tierras para el cultivo de la vid.

GCONEAT	ZONIFICACION
10.6a	S2(e)
10.1	S1
10.3	S2(e)
11.2	S2(e)
10.8b	S2(e)
10.6b	S3(e)
10.15	S2(e)
11.9	S2(e)
09.4	S2(e)(d)
10.10	S3(e)(d)
5.02b	S3(e)(r)
10.5	S2(d)(h)
10.11	S3(d)(h)
03.41	N2
03.2	N2
03.52	N2
03.3	N2
07.2	N2
07.1	N2

En base a esta clasificación se generó el mapa de la figura N°16.

Interceptando el plano de información de aptitud generado con los polígonos de los viñedos se obtuvo el área ocupada por cada tipo de suelos. Se determinó que un 71,6% de los viñedos están establecidos sobre suelos cuyas características físico-químicas son buenas para la producción vitícola. Teniendo algunas limitantes de drenaje en algunas zonas planas.

Tabla N° 8: Superficie ocupada por los viñedos según la zonificación primaria por aptitud de las tierras para el cultivo de la vid.

Zonificación	Área (há)
S2(e)	49,46
S3(d)(h)	3,01
Tot. há	52,47

4.5.-CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA

A partir del modelo de terreno en curvas de nivel (figura N°19) y del mapa hidrológico digitalizado, se obtuvo un modelo de terreno de tipo TIN (Triangular Irregular Network o malla triangular irregular, figura N° 20).



Figura N°19: Modelo de terreno digitalizado y georreferenciado, en curvas de nivel cada 10m del Servicio Geográfico Militar (cedido gentilmente por el Servicio de Información Geográfica del M.T.O.P. del Uruguay).

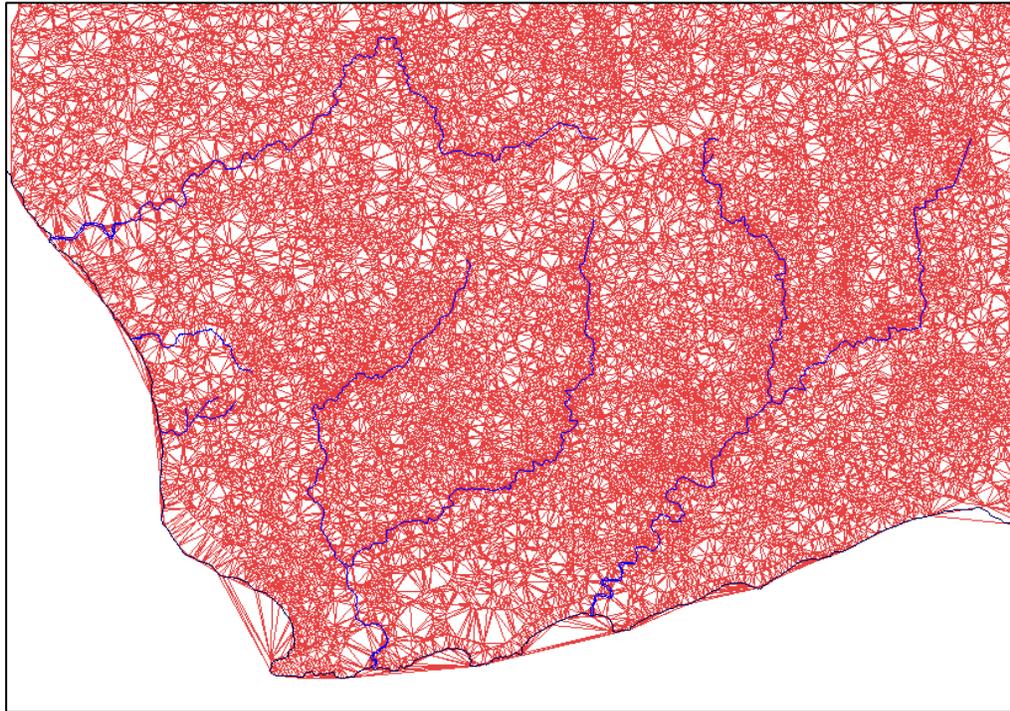


Figura N°20: Modelo de terreno en malla triangular TIN, obtenido a partir de las curvas de nivel cada 10m.

A este modelo TIN se le aplicó un interpolador de quinto orden, para obtener un modelo de terreno de tipo grilla o raster (figura N°21).

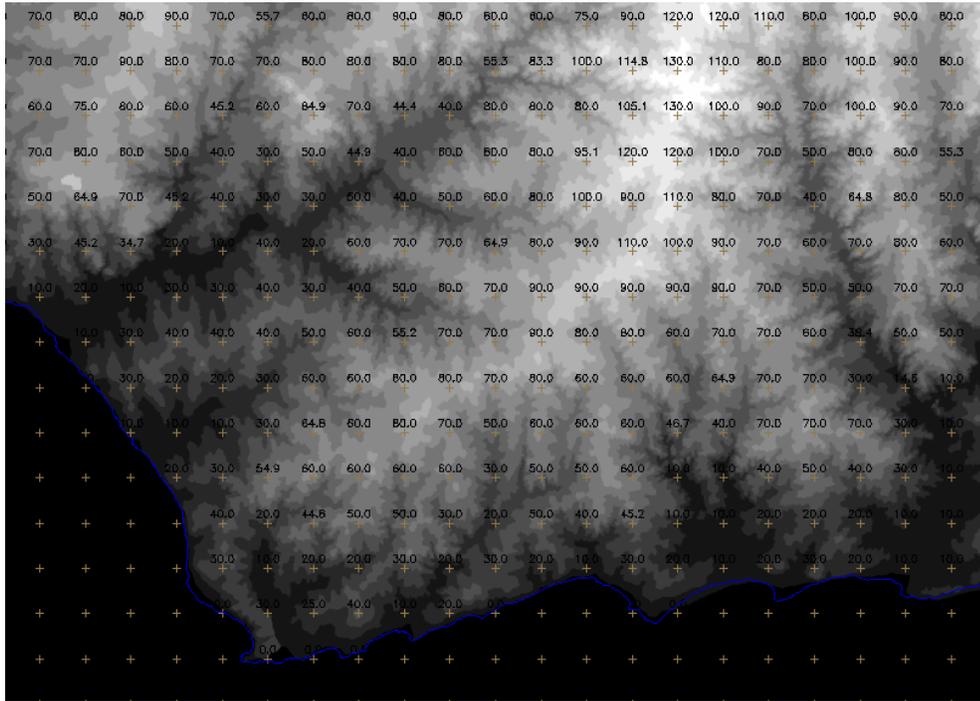


Figura N° 21: Modelo de terreno tipo grilla o raster.

Se obtuvo además un modelo de pendientes y un modelo de exposición de las laderas.

Estos modelos generados fueron clasificados y mapeados en intervalos, obteniéndose mapas temáticos de: topografía (figura N°22), isopendientes (figura N°23), exposición de las laderas y aptitud (figuras N°24 y 25) y topopaisajes (figura N°26).

Figura N° 22: Mapa topográfico de la zona en estudio.

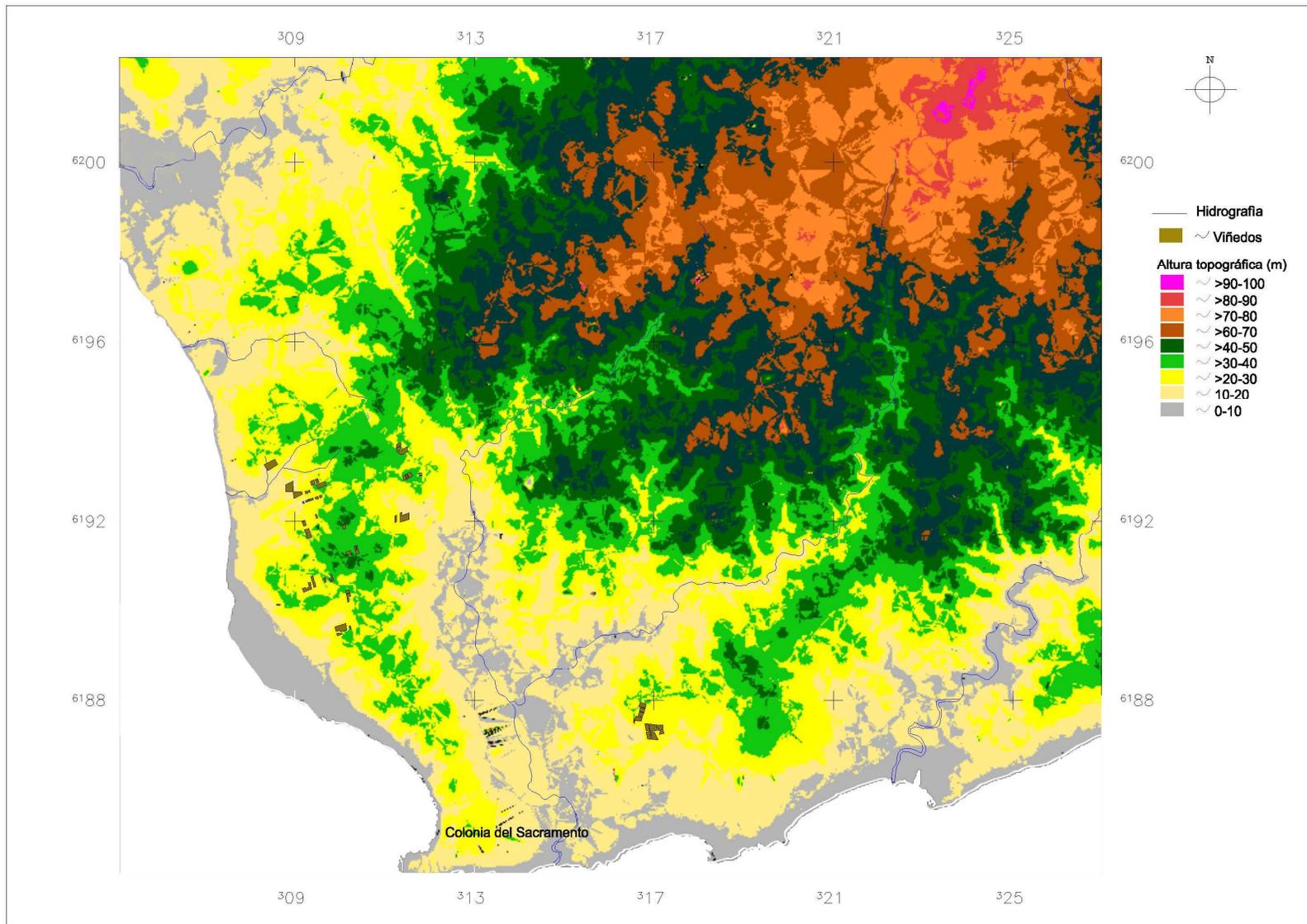


Figura N° 23: Mapa temático de isopendientes.

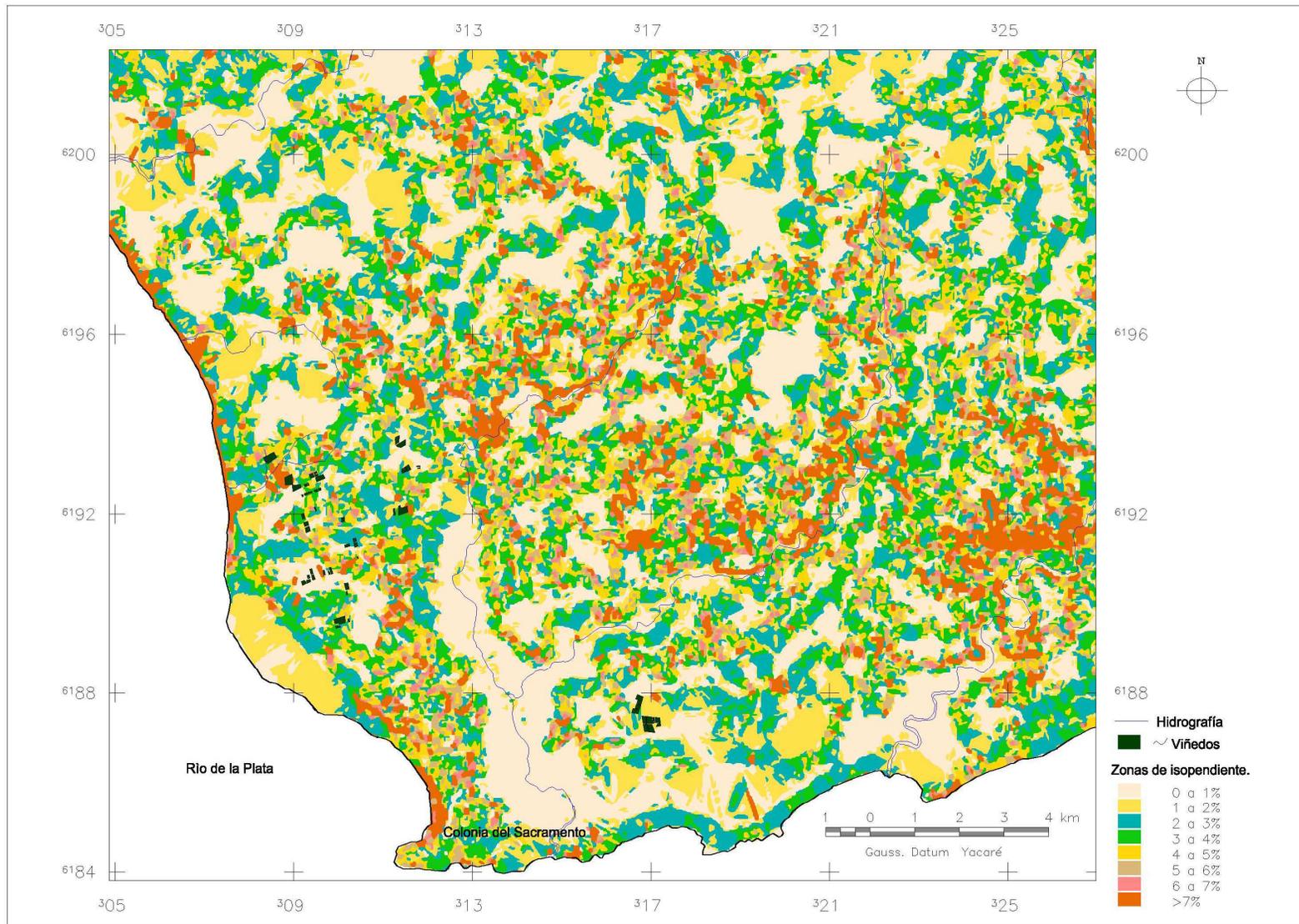


Figura N° 24: Mapa de exposición u orientación de las laderas.

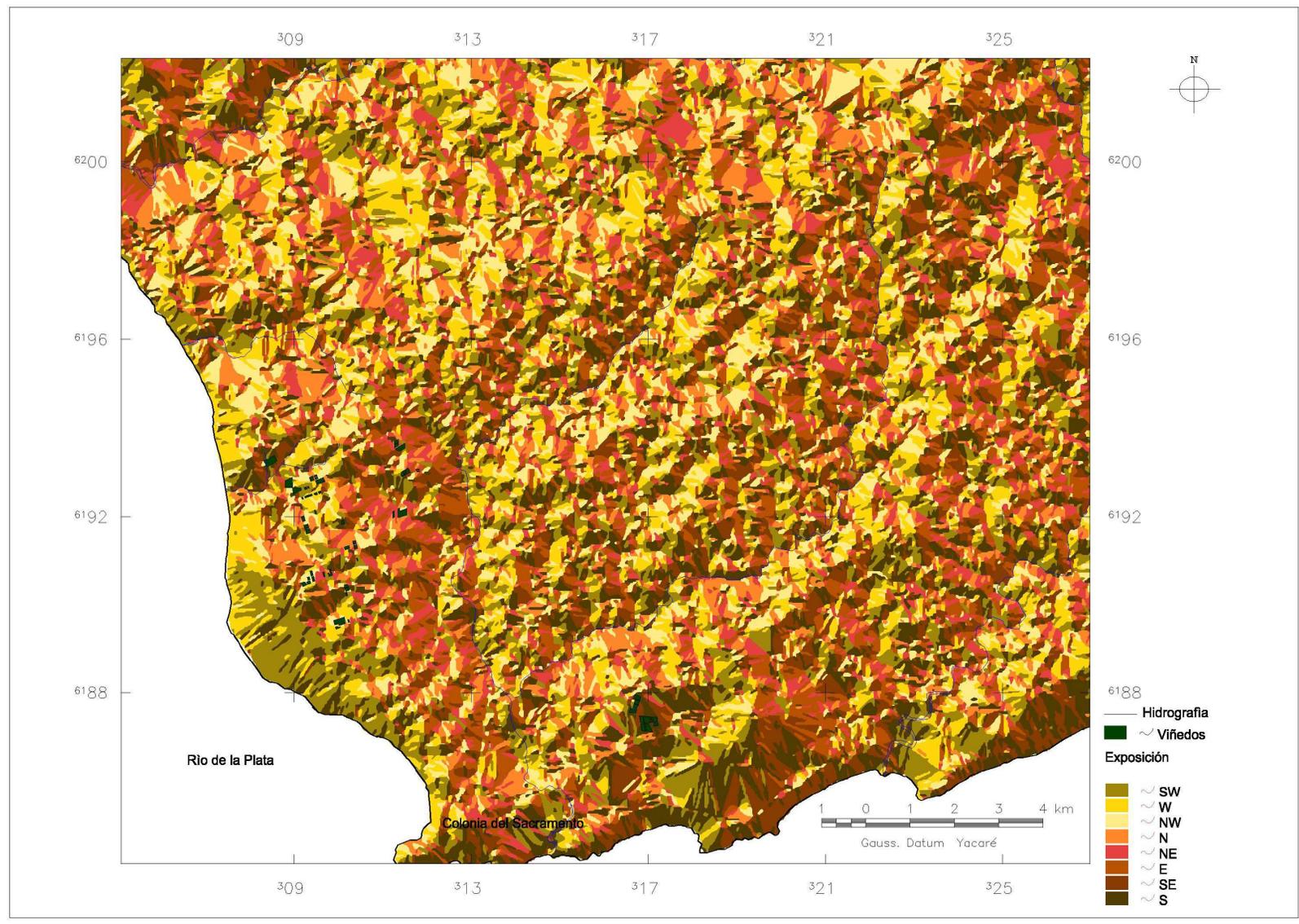
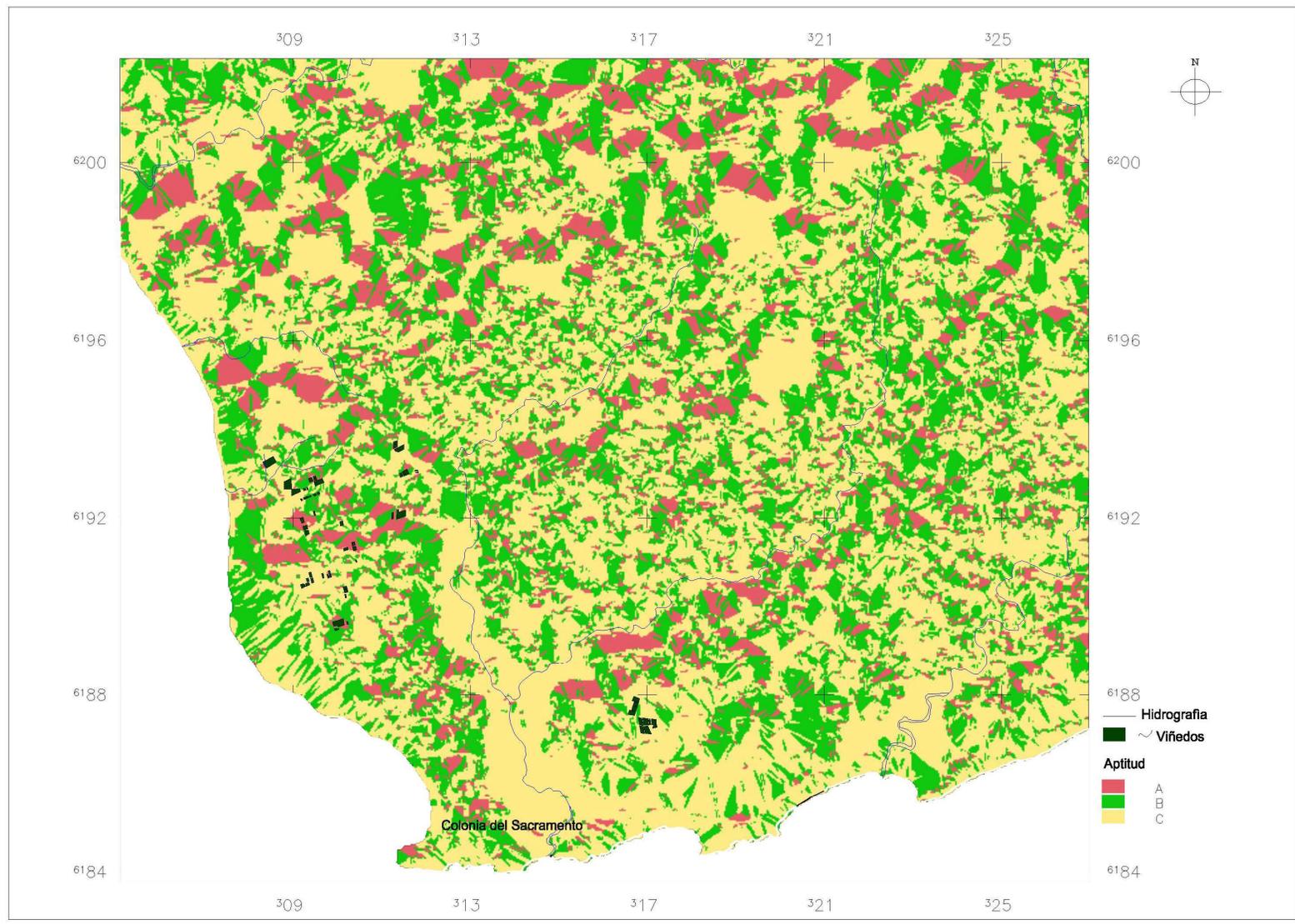


Figura N° 25: Mapa temático de aptitud de exposición de las laderas.



Cruzando la información de pendientes con exposición se generó un mapa (figura N°25) de aptitud vitícola relacionado con las mejores cualidades topográficas para intercepción de la radiación solar del terreno.

Para ello se utilizó los siguientes criterios de clasificación:

Zonas A: pendientes entre 1 y 6 % y laderas de exposición al norte.

Zonas B: pendientes entre 1 y 6% y laderas de exposición hacia el este o al oeste.

Zonas C: pendientes entre el 0 y 1% y orientación de las laderas hacia el sur.

La siguiente tabla describe la ubicación de los viñedos en función de las zonas de aptitud de orientación de las laderas.

APTITUD EXPO.	AREA (há)	%
A	9,21	17,6
B	15,03	28,6
C	28,23	53,8
Total	52,47	100,0

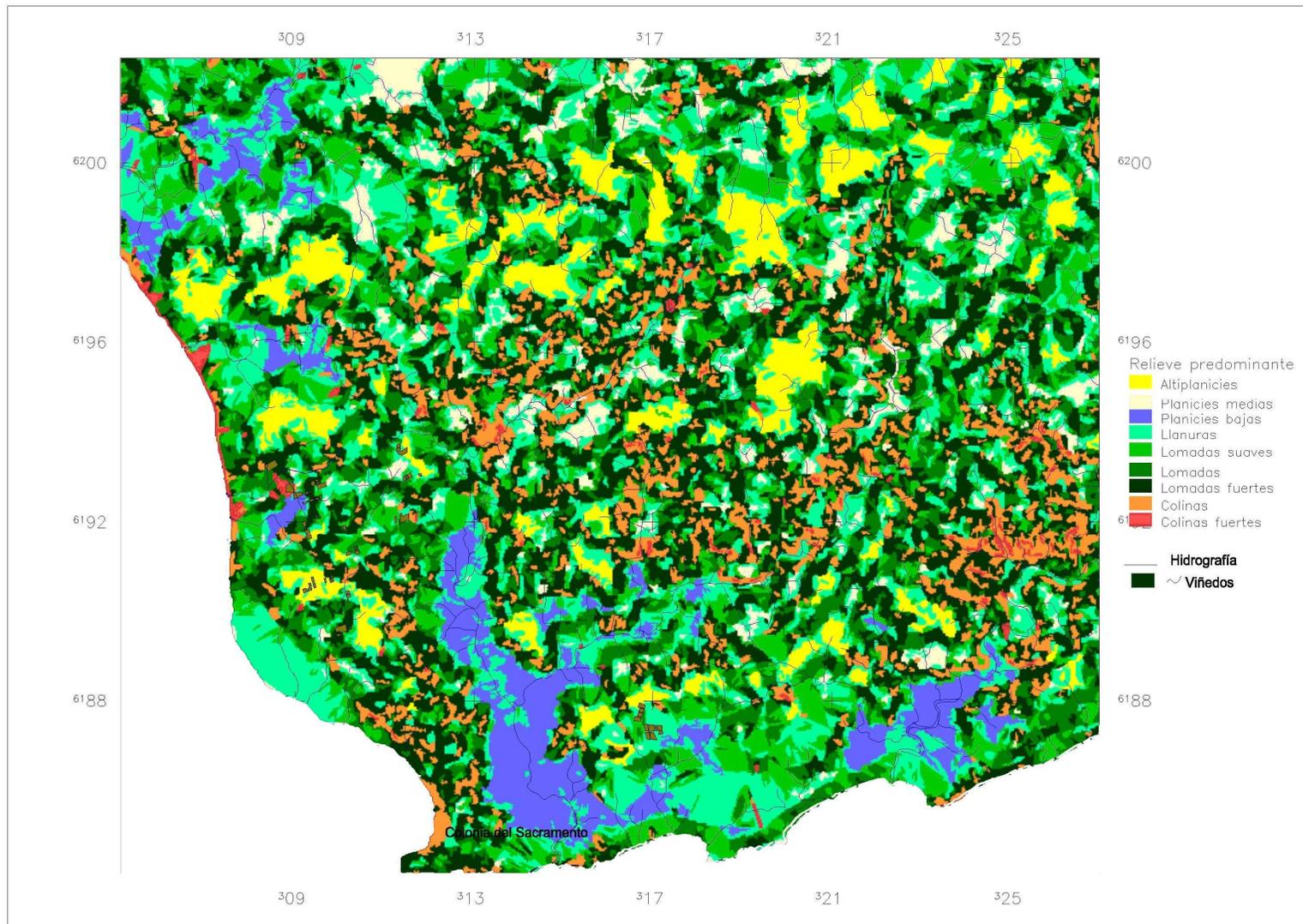
Tabla N° 9: Tabla de áreas según aptitud de exposición en el área de viñedos.

A partir del plano de información de unidades de topopaisajes (figura N°26) se determinó que los viñedos se ubican en un 60,2% en áreas con pendientes entre 0,5 a 3,5% correspondiendo a zonas de llanuras, lomadas y lomadas suaves; un 28,8% está sobre pendientes mayores a 3,5% que corresponde a lomadas fuertes y colinas. El resto, un 11% está ubicado sobre zonas planas y altas (altiplanicies: pendientes entre 0-0,5%), estas zonas pueden tener problemas de escurrimiento locales.

Paisaje predominante	Área (há)	%	Pendiente media
Altiplanicies	5,80	11,1	<0,5 (interfluvios)
Colinas_fuertes	3,33	6,4	>6
Lomadas_fuertes	11,77	22,4	>3,5-6
Lomadas	5,68	10,8	>2,5-3,5
Lomadas_suaves	5,86	11,2	>1,5-2,5
Llanuras	20,02	38,2	>0,5-1,5
Total(há)	52,47	100,0	

Tabla N° 10: Tabla de áreas de topopaisajes dominantes en el área de viñedos.

Figura N° 26: Mapa temático de topopaisajes.



4.6.-CARACTERIZACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL CON IMÁGENES SATELITALES

Para caracterizar la cobertura vegetal en las distintas unidades territoriales básicas (UTB), se calcularon índices de vegetación normalizados promedio (IVN) para cuatro fechas (26/07/2004; 16/09/2004; 7/11/2004 y 19/02/2005) a partir de imágenes multispectrales CBERS II (figura N°28). Los valores de IVN, para estas fechas fueron ingresadas a la capa de UTB aplicando operadores zonales de media.

Para el cálculo de los índices de vegetación se aplicó la siguiente fórmula:

$$IVN = \frac{(Banda\ roja - Banda\ infrarroja)}{(Banda\ roja + Banda\ infrarroja)} \cdot G + O$$

Siendo G un factor de ganancia y O un factor aditivo. Se graficó el IVN promedio obtenido para las cuatro fechas, según la ocupación de la tierra (figura N°27). Se observó que en todos los casos los IVN tienden a incrementarse en el período de la toma de imágenes que va desde el 26 de julio de 2004 hasta el 19 de febrero de 2005; debido seguramente a un incremento en el índice del área foliar en los cultivos y la vegetación existente.

Vemos también que las zonas costeras presentan el mas bajo IVN en las cuatro fechas consideradas, coincidiendo esto con una menor cobertura vegetal.

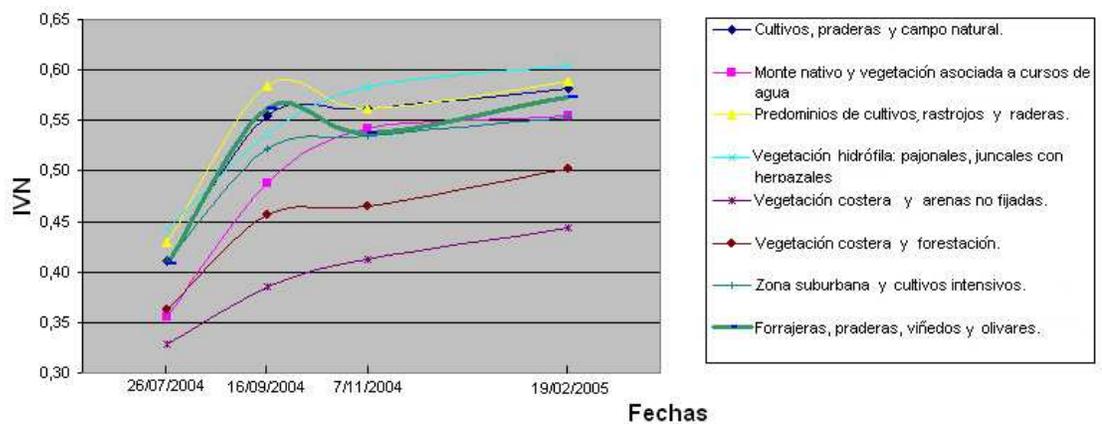
Las UTB correspondientes a las zonas bajas con pajonales, bañados y herbazales muestran un incremento sostenido en el IVN, con los valores más altos hasta la fecha de febrero. Eso se debe a un mayor IAF (índice de área foliar) y por tanto una gran cantidad de biomasa vegetal verde.

Las UTB que poseen cultivos, muestran un pico en el IVN, el 16 de septiembre, para caer un poco en la fecha siguiente (7 de noviembre) y luego

volver a incrementarse el 19 de febrero. La caída momentánea observada en el IVN del 7 de noviembre, se explica por la preparación de tierras y siembra, hecho que se puede constatar también, comparando visualmente ambas imágenes. Las zonas con praderas y cultivos extensivos, muestra altos valores de índices de vegetación.

Las UTB dónde se ubican los viñedos, que comparten el uso de la tierra con praderas, forrajes, olivares y otros cultivos muestran similarmente a otras situaciones de zonas con cultivos, una caída el 7 de noviembre posiblemente debido también a la preparación de tierras.

Figura N° 27 Evolución del índice de vegetación en cuatro fechas, según la ocupación de la tierra.



Se graficó la evolución del IVN en cuatro fechas de un cuadro de vid (var. Tannat, figuras N° 29 y 30).

Figura N° 28 Imágenes en pseudocolor del índice de vegetación para cuatro fechas en la región de estudio, calculado con imágenes satelitales CBERS 2.

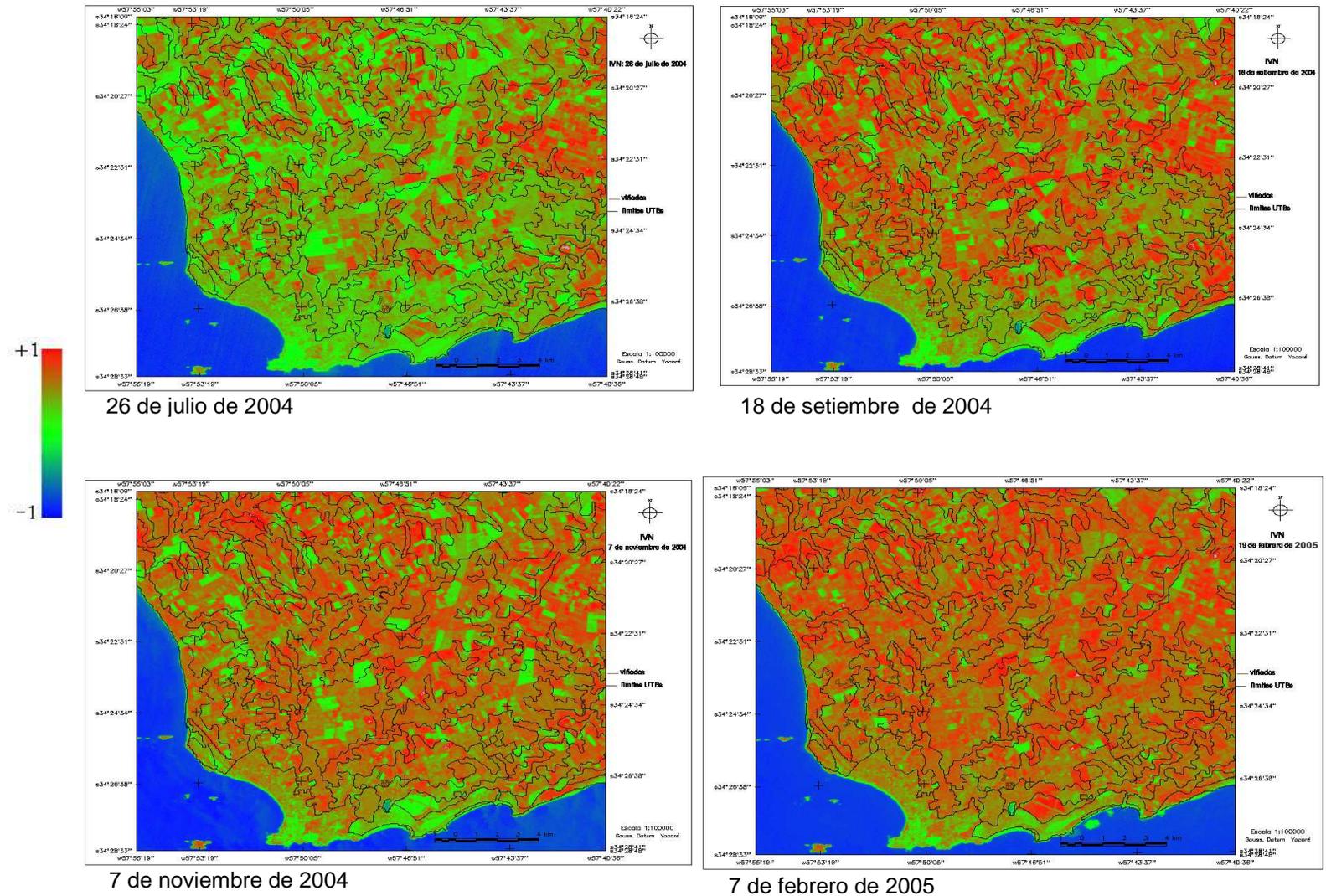


Figura N° 29 Evolución del índice de vegetación normalizado en un cuadro de vid (var. Tannat) para cuatro fechas.

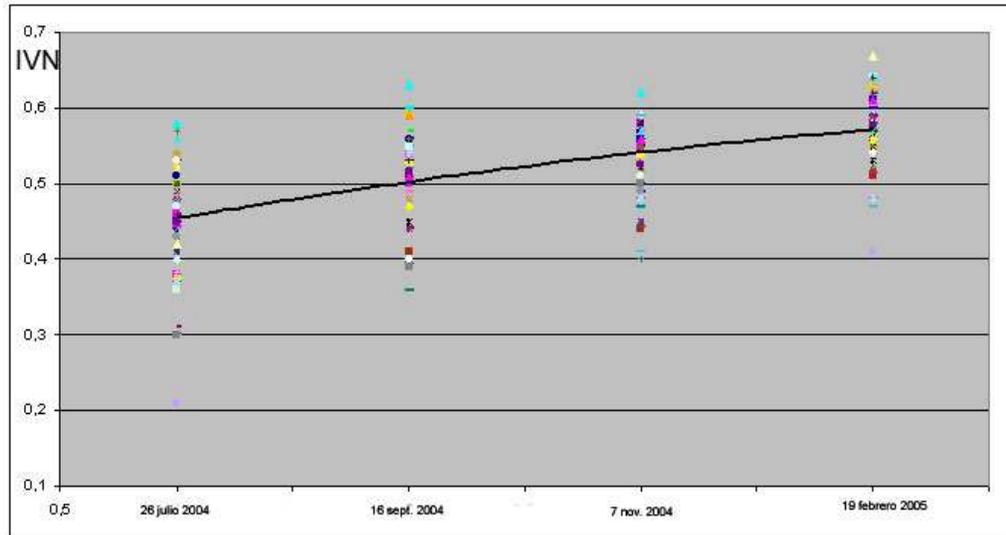
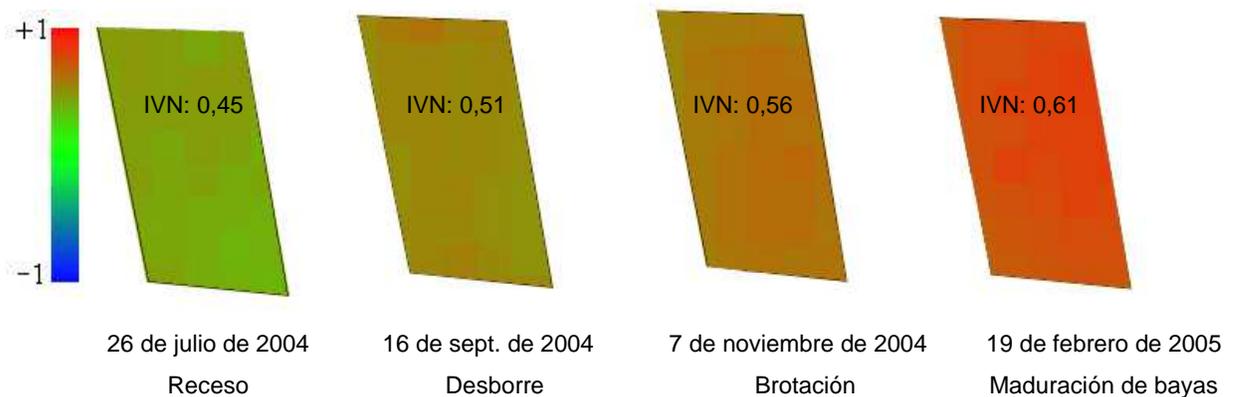


Figura N° 30 Imagen en pseudocolor del índice de vegetación en un cuadro de vid (var.Tannat) para cuatro fechas.



Se observa un incremento en el IVN, para los cuadros de vid, coincidiendo con el incremento en el IAF del cultivo. La resolución geométrica de las imágenes utilizadas (20m) no permite visualizar las entrefilas.

4.7- DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES TERRITORIALES BÁSICAS

A partir de la aplicación de operadores zonales de media, moda y desvío estándar, se ingresaron los datos de las distintas capas pertenecientes a clima, geología, geomorfología, suelos, aptitud y viñedos, a las delimitaciones de pedopaisaje obtenidas de CONEAT (Barbosa, 1996).

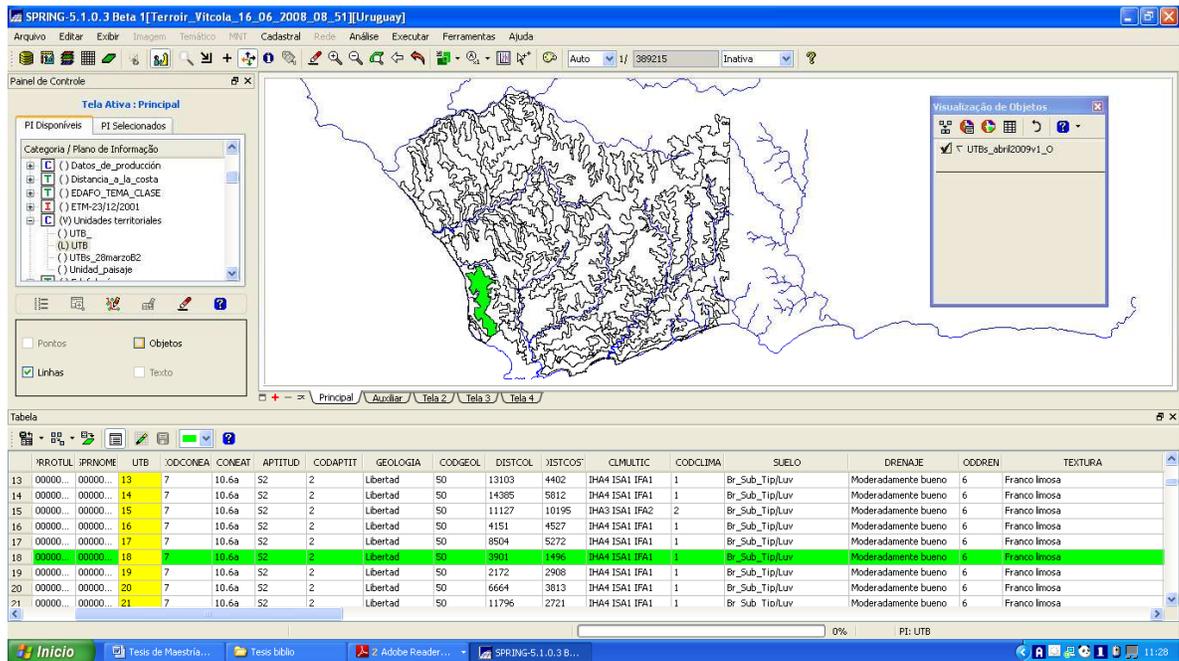


Figura N°31: Interfase del sistema de información geográfica Spring mostrando las UTB y su tabla de registros asociada.

Las distintas unidades de pedopaisaje así caracterizadas son las unidades territoriales básicas. El software permite realizar distintas consultas sobre el plano de información obtenido de las UTB.

La figura Nº 32 muestra una consulta por agrupamiento de las UTB según la textura del suelo dominante.

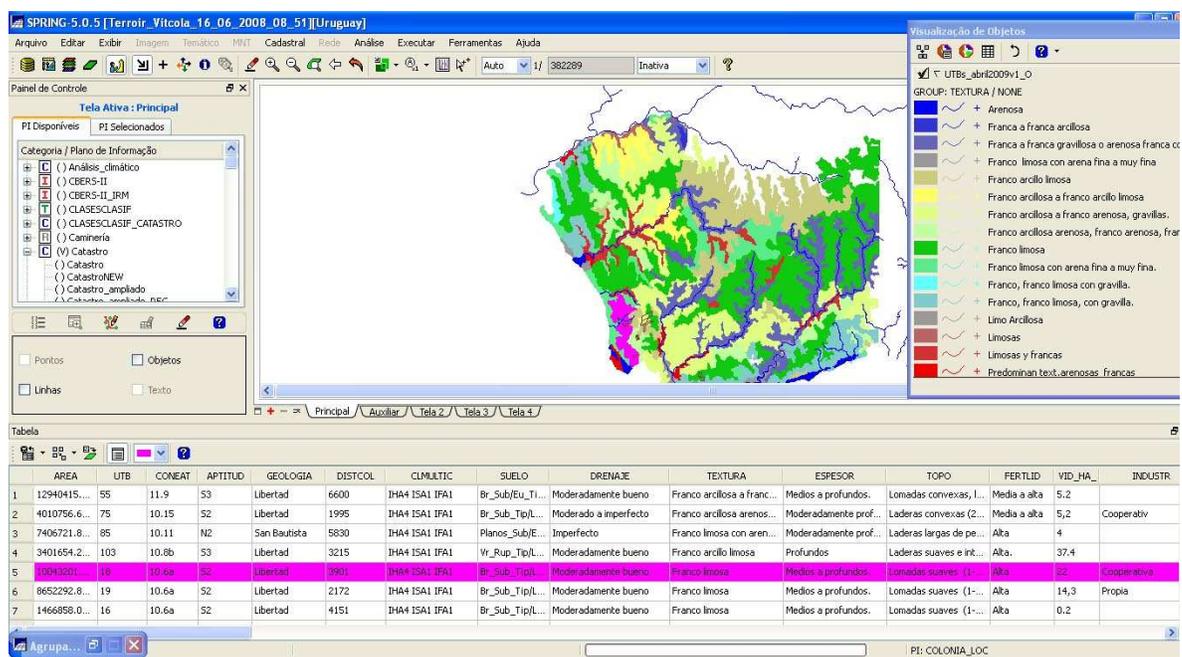


Figura Nº 32. Interfase SPRING mostrando una consulta de agrupación, en la que se visualizan la textura de los suelos dominantes para cada una de las unidades.

4.8.- CONSULTA POR ATRIBUTOS Y SELECCIÓN DE LA UNIDADES TERRITORIALES VITÍCOLAS O “TERROIRS” POTENCIALES

Para la obtención de las UTV, se realizaron consultas a la tabla de atributos, agrupando las UTB con características comunes.

El primer factor a tener en cuenta es la clasificación bioclimática (Ferrer, 2007), se agruparon las UTB según qué índice bioclimático prevalecía luego de aplicar el operador zonal de moda. Dicha consulta se muestra en el mapa de la figura N° 33.

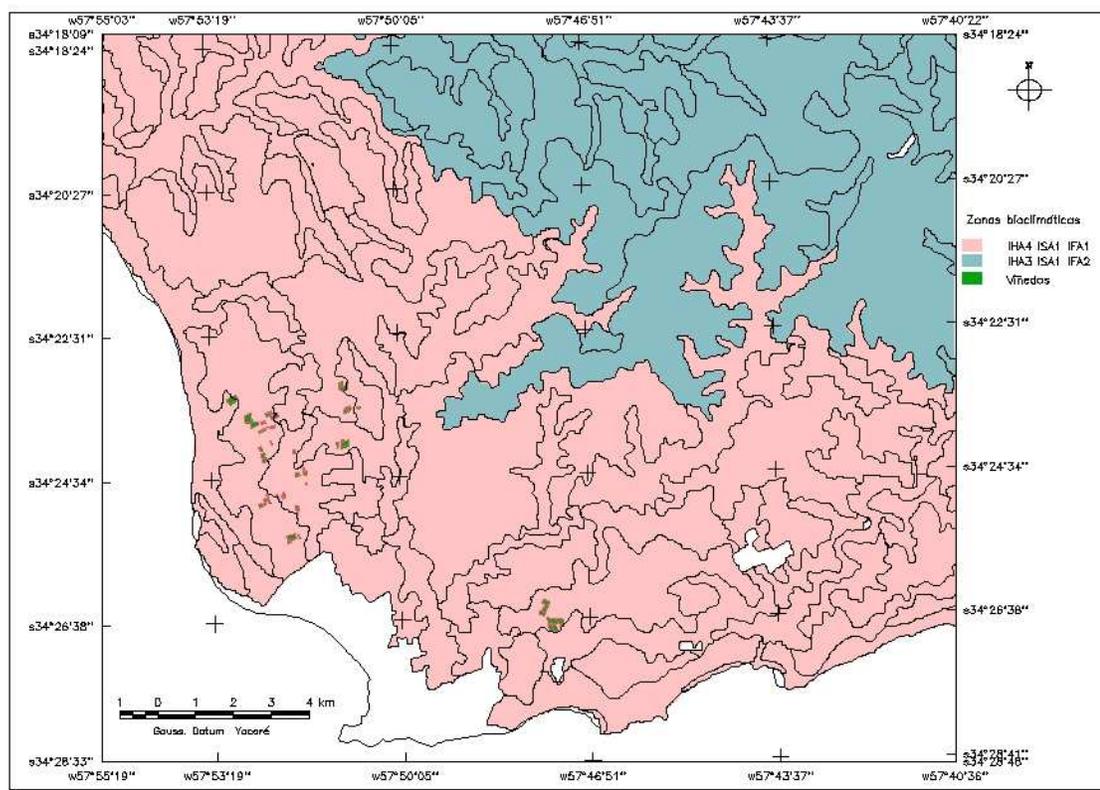


Figura N° 33: Mapa de UTB agrupadas según la zonificación bioclimática multicriterio para la vid.

Se observó que todos los viñedos se encuentran dentro de la zona bioclimática IHA4 ISA1 IFA1.

Posteriormente, se agruparon las UTB según criterios de similitud bioclimática, geológica y por aptitud de suelos, obteniéndose el mapa mostrado en la figura N° 34.

4.9.- DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS UTB OBTENIDAS

4.9.1.- UTB San Bautista- S3(d)(h)

Ubicada sobre zonas bajas, vías de drenaje o zona costera, el relieve corresponde a llanuras, planicies medias y bajas que reciben el aporte hídrico de otras zonas con una topografía más alta. La geología está dominada por la influencia del miembro San Bautista de la Formación Raigón y por la presencia de aportes aluvionales y arena volada. Los suelos dominantes son Planosoles, sobre la faja costera oeste; Gleysoles y Panosoles sobre las zonas inundables de los cursos de aguas (arroyo de la Caballada, arroyo del General). Encontrando Arenosoles y arenas sobre la costa y zonas de desembocaduras.

La fertilidad puede ser media a alta en el caso de Planosoles y muy baja en el caso de los Arenosoles. El drenaje es en general moderado a imperfecto.

La vegetación dominante es de pajonales sobre las zonas inundables, pastos y monte ribereño. El uso dominante es pastoril, aunque sobre la zona costera al oeste, se realizan algunos cultivos, teniendo en cuenta manejos para mejorar el drenaje. La ubicación de estas UTB sobre la faja costera implica la afectación por vientos. Las que están en zonas más alejadas de la costa también pueden verse afectadas por un mayor riesgo de heladas debido a la ubicación en zonas topográficas bajas. Desde el punto de vista de la aptitud vitícola se clasifican en S3(d)(h), es decir zonas poco aptas, debiendo superar para su cultivo los problemas de drenaje al hacer la sistematización de la plantación y además el mayor riesgo de heladas implicaría el uso de variedades

de brotación tardía y un manejo agronómico adecuado para promover una brotación tardía.

4.9.2.- UTB Aluviones-N2

Estas unidades están dominadas por material aluvional reciente.

Arenas voladas y de arrastre hídrico proveniente del Río de la Plata.

El relieve es llano con dunas en algunos casos. Hacia el interior se constata la presencia de vegetación costera y monte nativo adaptado. Esta unidad no es apta para el uso vitícola.

4.9.3.- UTB Cristalino, S3(e)(r)

Se desarrolla en los alrededores de los cursos de agua hacia el norte y noreste de la zona en estudio, en una faja que varía de 200 a 800 m de ancho. El relieve dominante es de laderas fuertes, pendientes entre 3 a 6,5 %, con presencia de afloramientos de cristalino. Suelos poco profundos de fertilidad baja a moderada. La vegetación es de pasturas. El drenaje es bueno. La aptitud vitícola es nula en la zona de bajos, donde el drenaje es pobre a muy pobre, riesgo de heladas alto, o en zonas muy pedregosas y afloramientos de cristalino. En otras zonas, con posiciones topográficas más altas, de mejor drenaje, ladera de exposición hacia el norte, suelos moderadamente fértiles, la aptitud vitícola puede ser buena a muy buena (S1), sin embargo tiene como restricción el riesgo alto de erosión. Actualmente el uso es fundamentalmente pastoril.

4.9.4.- UTB Libertad-S2(e)

El relieve predominante es de lomadas suaves, con presencia de altiplanicies de disección en algunas zonas topográficamente más altas. La geología está dominada fundamentalmente por la formación Libertad pero apoyada en forma discordante sobre la Formación Raigón. Los suelos varían de menor a más profundos en las zonas más bajas del terreno. Con algunos problemas de drenaje local en las zonas de altiplanicie. Los suelos dominantes se caracterizan por presentar horizonte de diferenciación Bt, Brunosoles Subéutricos a Éutricos Típicos con algunos Planosoles en zonas planas altas. En profundidad se detecta la presencia de material calcáreo.

El drenaje mejora en las laderas, disminuyendo el porcentaje de materiales montmorilloníticos. En general la aptitud vitícola es buena, con algunas restricciones debidas a problemas de drenaje local o suelos muy pesados.

En las zonas ubicadas al norte del arroyo el Caño, el uso es pastoril y cultivos extensivos. En las zonas ubicadas entre la ruta 21, el arroyo el Caño y la ciudad de Colonia, se combinan varias producciones, el uso dominante es cultivos extensivos y pasturas, encontrándose también olivares y frutales. En esta zona se encuentran la mayoría de los productores vitícolas, agrupándose en los alrededores de la cooperativa CALUVA.

Las región ubicada hacia el este, sobre la Ruta 1, el uso es mayormente pastoril y forrajero, encontrándose sólo un productor vitícola con bodega propia (Bernardi).

4.9.5.- UTB - Libertad, S3(e)

El paisaje dominante es de lomadas convexas en laderas con pendientes medias a fuertes, suelos con fertilidad media a alta (Brunosoles Éutricos a Subéutricos y Vertisoles), medios a profundos, con zonas de laderas suaves en

los interfluvios, donde dominan los suelos más fértiles y profundos (Vertisoles típicos y Brunosoles Éútricos). La pendiente promedio es del 2,5 al 3 %. La geología predominante corresponde a la formación Libertad que se apoya sobre Raigón hacia la zona costera y hacia el norte sobre cristalino, por tanto los suelos pertenecientes a estas zonas son menos profundos con aporte de gravas y gravillas.

El uso es agrícola extensivo y pastoril. La disponibilidad de agua es buena a muy buena. La presencia de suelos profundos y fértiles, con buena capacidad de almacenamiento de agua disponible le pueden imprimir al cultivo de la vid un excesivo vigor.

4.9.6.- UTB Libertad-S3(d)(h)

Laderas de pendientes moderadas 1 a 1,5%, suelos con drenaje imperfecto, tipo Planosoles. Riesgo de heladas alto. fertilidad media a alta y buena disponibilidad de agua. Uso actual es de cultivos extensivos y pasturas. La aptitud vitícola es S3(d)(h), con limitantes de drenaje y riesgo de heladas.

4.9.7.- UTB San Bautista-S2(e)

Corresponde a laderas con pendientes medias (2 a 2,5, con riesgo %) de erosión moderado, fertilidad alta, textura franco arcillosa a franco arenosa con gravillas, disponibilidad potencial de agua alta. Aptitud vitícola S2(e).

4.10. -DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES TERRITORIALES
VITÍCOLAS POTENCIALES O “TERROIRS” POTENCIALES

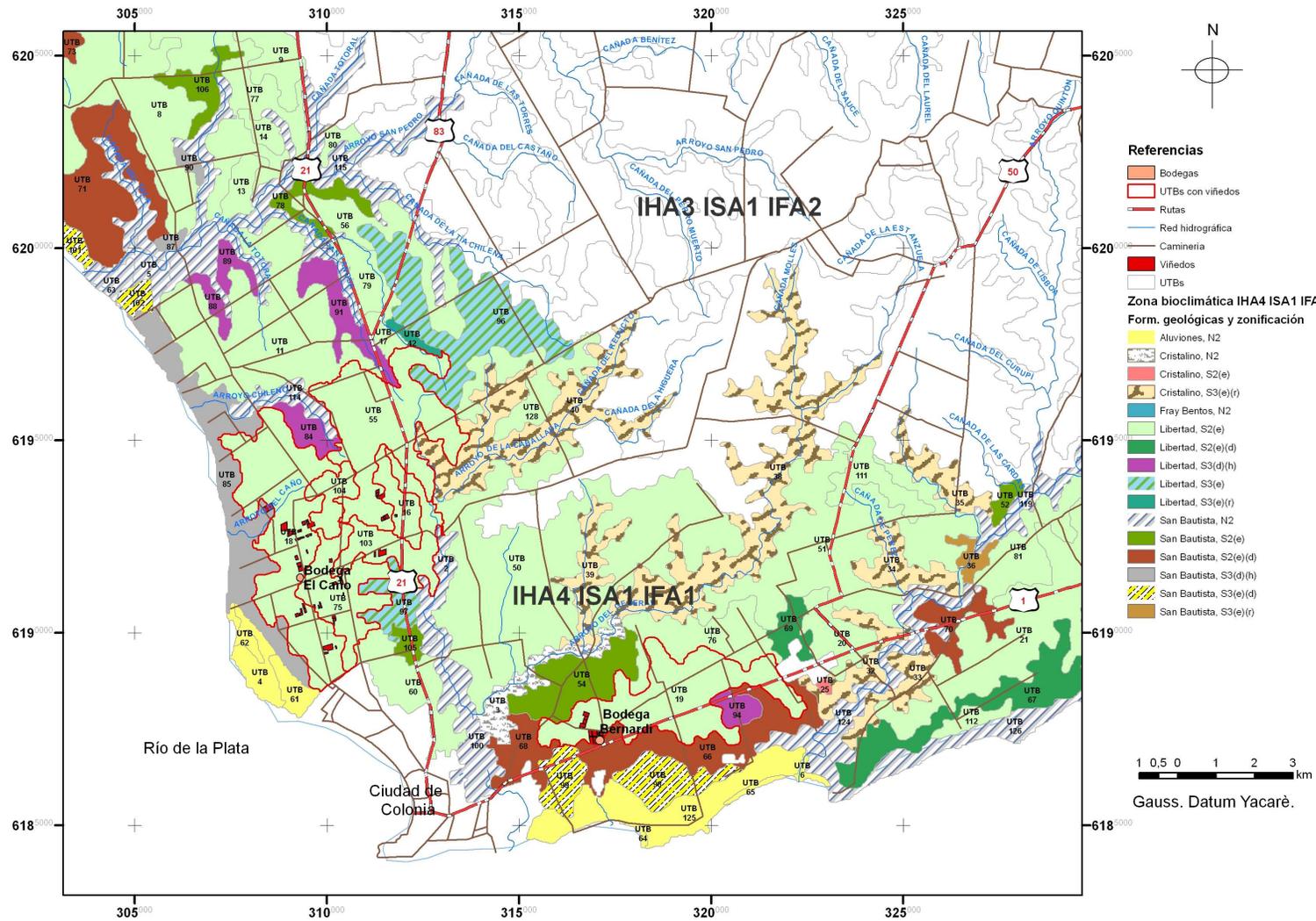
La tabla N° 11 muestra el área ocupada por viñedos en cada una de las UTB. Se observa que el 94,26% de los viñedos se encuentran sobre la formación Libertad, sobre zonas con aptitud vitícola S2(e). Comprende suelos mayormente de buena aptitud vitícola, con un riesgo moderado de erosión en laderas de pendientes moderadas a fuertes. El restante 5,74% del área vitícola está implantada sobre la formación San Bautista S3(d)(h), que comprende zonas planas bajas y de laderas bajas, suelos con drenaje pobre a imperfecto y mayor riesgo de sufrir daño por heladas.

A partir de esta selección de UTB con viñedos se determinan las unidades territoriales vitícolas potenciales o “terroirs” potenciales.

Tabla N° 11. Área de unidades territoriales básicas con viñedos.

Zona bioclimática	Geología	Zonificación	N° UTB (figura 34)	Tot.UTB (há)	Tot.viñedos (há)	% área viñedos
IHA4 ISA1 IFA1	Libertad	S2(e)	16	146,69	0,6	1,14
			18	1004,33	20,58	39,21
			19	865,24	13,41	25,55
			55	920,89	4,8	9,15
			75	401,07	5,2	9,91
			103	340,17	3,74	7,13
			104	149,63	1,14	2,17
	Total Libertad			3828,02	49,47	94,26
San Bautista	S3(d)(h)	85	740,67	3,01	5,74	
Total San Bautista			740,67	3,01	5,74	
Total IHA4 ISA1 IFA1			4568,69	52,48	100,00	

Figura N° 34: Mapa de UTB caracterizadas por bioclima, geología y aptitud de suelos para el cultivo de la vid.



4.10.1.- Descripción de las UTV potenciales o “terroirs” potenciales

4.10.1.1.- Unidad territorial vitícola 1 (“terroir” potencial 1)

Está ubicada hacia el noroeste de la ciudad de Colonia e incluye las UTB 16, 18, 55, 75 y 103; ocupa una superficie de 3120,74 há, se encuentran el 66,7% de la superficie vitícola de los alrededores de Colonia, con 35,03 há. de viñedos. Correspondiendo un 43,3 % a la variedad Tannat y el resto a otras variedades (Merlot, Moscatel de Hamburgo, Syrah, etc.). La vinificación se realiza principalmente en forma cooperativa (Bodega Cooperativa CALUVA).

Desde el punto de vista geológico está sobre la Formación Libertad (período Cuaternario), apoyada en forma discordante sobre la Formación Raigón, presentando también algunas zonas de aluviones a las riberas de los desagües o arroyos (Holoceno).

Relieve general del paisaje se presenta suavemente ondulado, con una zona central aplanada (entre cotas 30 y 40m) y zonas de pendientes más pronunciadas en laderas que terminan en cañadas y desagües naturales, siendo éstas las zonas más favorables desde el punto de vista del drenaje, la exposición y las características de los suelos.

Los viñedos están ubicados mayormente en los alrededores de camino Migñone y la zona del arroyo el Caño. En el resto de la zona se intercalan praderas, cultivos de cereales, explotaciones lecheras y algún predio destinado al cultivo de olivos. Hacia la costa, se encuentran predios adquiridos con fines de descanso y turismo.

Los suelos dominantes son Brunosoles Eútricos y Subéuticos, Lúvicos, asociados con algunos Vertisoles de texturas medias, fertilidad media a alta, con disponibilidad de agua moderada a alta. Si bien la UTV corresponde a una zona bioclimática IHA4 ISA1 IFA1, es decir un clima vitícola templado cálido, con noches cálidas y sequía moderada, puede ser una limitante el exceso

hídrico en las zonas altiplanas de mal escurrimiento y drenaje interno pobre por presencia de horizonte textural.

Las cercanías al Río de la Plata implica además un bajo riesgo de sufrir daño por heladas por la influencia atemperante de las masa de agua y la brisa marina.

Según una clasificación de suelos en función de la aptitud natural para la producción de uva para vinos finos, la zona está mayormente ocupada por suelos de tipo S2(e) y S3(d) sobre las zonas aplanadas altas.



Foto N° 8 Vista de viñedo y paisaje asociado de la Unidad Territorial Vitícola 1.

4.10.1.2.- Unidad territorial vitícola 2 (“terroir” potencial 2)

Ubicado hacia el este de la ciudad de Colonia, sobre finales de la cuchilla Riachuelo, topográficamente entre cotas 10-42m, con una cota media de 27m, ocupando una superficie de 865 há.

En esta zona se encuentra un solo productor familiar con 14,5 há de viñedos principalmente cultivando la variedad Tannat 6 há (41,4%) y el resto de otras variedades (Moscatel de Hamburgo, Merlot, etc.), posee bodega propia.

Desde el punto de vista geológico se encuentra sobre la Formación Libertad, apoyada discordantemente sobre la Formación Raigón. La topografía es suavemente ondulada, con un 46.6 % de las laderas mirando al sur, con un porcentaje de aptitud menor (exposición x pendientes) de un 11,2% respecto al “terroir 1”.

Los suelos dominantes son Brunosoles Éutricos y Subéutricos Típicos y Lúvicos. La clasificación de suelos desde el punto de vista de la aptitud para la producción de uvas para vinos finos se encuentra sobre la zona S2(e).

4.10.1.3.- Consideraciones sobre las UTV de Colonia del Sacramento

Por las características bioclimáticas, físicas y humanas es una zona de buenas aptitudes para la producción de vinos de calidad. Hay una tradición vitícola en la zona, que les otorga a los productores el bagaje necesario para entender y mejorar sus procesos productivos. En el caso de los productores familiares se observa un compromiso con la producción, que es muy importante si se piensa en mantener y perpetuar esta zona como productora de vinos.

La cercanía a la ciudad de Colonia, con todo lo que implica por el turismo que llega allí, le otorga a estas zonas vitícolas un alto valor agregado y una buena oportunidad para el acceso a consumidores exigentes. En contrapartida el crecimiento de la urbanización, puede acarrear algunas desventajas si no se toman las medidas necesarias de protección a dicha zona.

Esto podrá capitalizarse, si se apuesta a productos de muy buena calidad y ofrecidos en envases adecuados, es decir etiquetas, formas y tamaños para los distintos productos enológicos obtenidos de la vid.

En lo que respecta a la gestión de los “terroir” por los distintos actores involucrados, es de destacar el interés en apoyar esta iniciativa, ya sea por los productores directamente implicados, cómo por la Intendencia Municipal de Colonia.

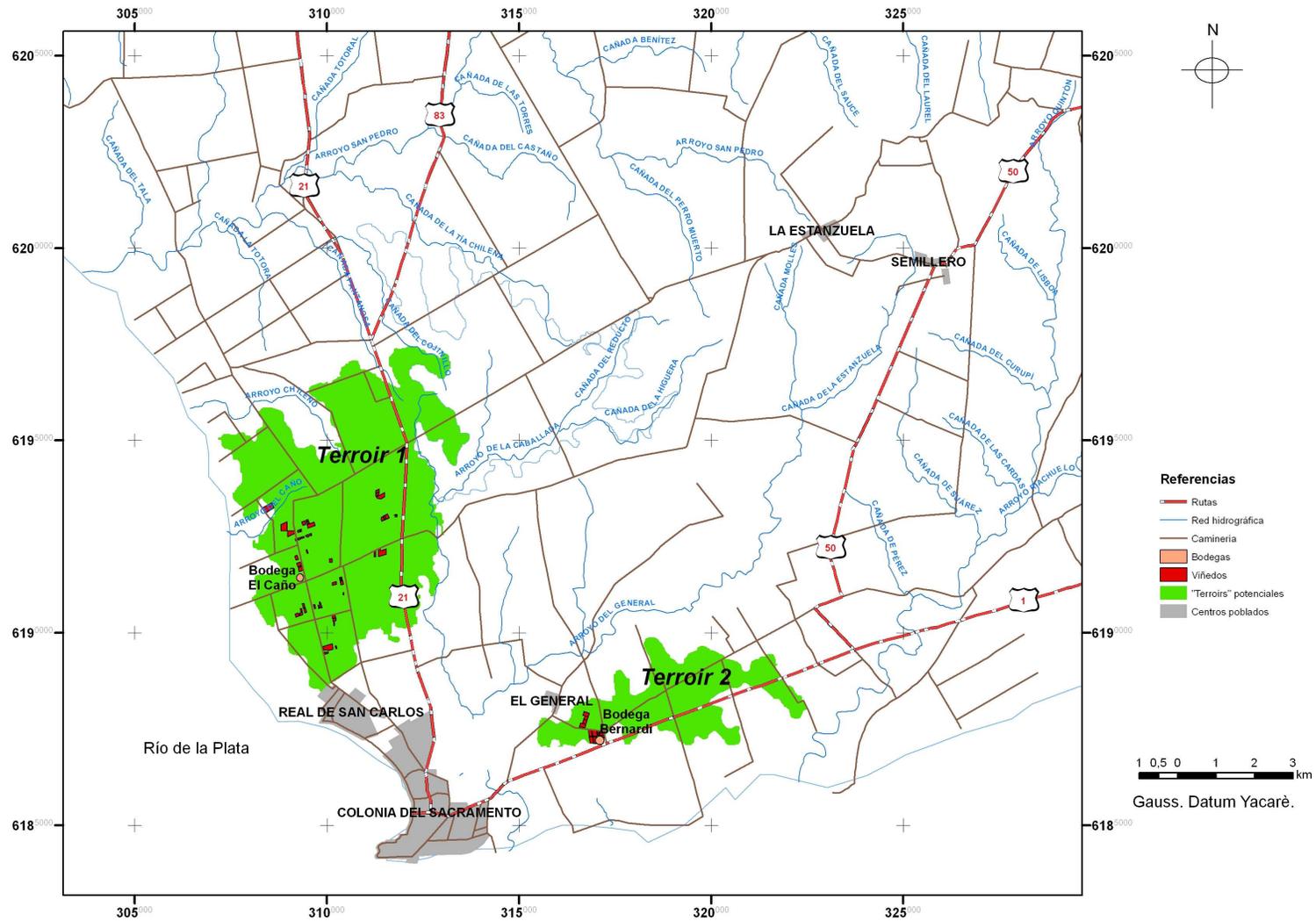
La buena distribución de la caminería, lo típico del paisaje con sus vistas hacia el Río de la Plata desde distintos puntos altos, permitiendo una mezcla entre vistas del mar con campo, podrá considerarse una ventaja a la hora de pensar en favorecer el turismo a través algún circuito de visita a lugares y bodegas de la zona.

Existen 4,04 há de viñedos que quedan por fuera de estas UTV, pues están sobre la UTB85, San Bautista S3(d)(h) (ver figura N°34), con otras características agronómicas y paisajísticas (descrita en el punto 4.9.1).



Foto N° 9 Vista de viñedo y paisaje asociado de la Unidad Territorial Vitícola 2.

Figura N° 35: Mapa de UTV o “terroirs” vitícolas potenciales de los alrededores de Colonia del Sacramento



4.11.- DISCUSIÓN SOBRE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

De los métodos de delimitación y caracterización de “terroirs” mencionados por la bibliografía consultada, se descartó el método sistemático, que propone una gran cantidad de puntos de observación en forma de grilla (Jaquet y Morlat, 1996; Vaudour, 2003). Si bien, este método permitiría una muy buena precisión en cuanto a la descripción de los factores implicados (geología, edafología, clima, etc.), se descartó por el costo y recursos disponibles de mano de obra y tiempo. Es por ello que se decidió la aplicación de la metodología de delimitación por unidades de pedopaisajes (Morat y Salette, 1982) aprovechando para ello la cartografía CONEAT.

Estas unidades de pedopaisaje CONEAT fueron descritas desde el punto de vista geológico, geomorfológico (topografía, pendiente y exposición), vegetación, clima y uso de la tierra, a través de la aplicación de operadores zonales (Tomlin, 1990; Jaquet y Morat, 1996; Barbosa C. et al.,1998) para obtener las UTB.

El uso de CONEAT como unidad de pedopaisaje demostró ser útil para describir a la región en estudio. A pesar de que la precisión de CONEAT es de 1:20000, se pudo extraer conclusiones a escala del parcelario de Colonia del Sacramento.

Sin embargo para trabajos futuros, una descripción mejor de las unidades de pedopaisaje requerirá un mayor esfuerzo de fotointerpretación, a partir de pares estereoscópicos de fotos aéreas a escala 1:5000 o 1:10000. Dichas unidades podrán entonces caracterizarse y agruparse a partir de la fotointerpretación y los debidos muestreos de suelos. Estos muestreos se podrán acompañar de las calicatas necesarias que permitan comprender y describir mejor el comportamiento radicular de la vid.

La metodología de modelaje de datos basada en el paradigma de los cuatro universos (Gomes y Velho, 1995; Câmara y Monteiro, 2001), que es la utilizada por el software SPRING (Câmara et al. 1996), permitió elegir los modelos informáticos convenientes para cada factor implicado en la delimitación de “terroir”. El software demostró tener suficiente adaptabilidad y potencial para realizar dicho trabajo, pudiendo trabajar en base de datos personal o multiusuario, lo que implica poder manejar numerosa información en forma eficiente.

La diversidad de orígenes en los datos implicó diferentes precisiones en cuanto a la georreferenciación espacial y escalas de trabajo, que al cruzar las capas de información produjo algunas inconsistencias en los límites de las unidades. Las interpolaciones para obtener las distintas capas raster de pendientes, exposición aptitud y topografía, a partir de las curvas de nivel cada 10m del Servicio Geográfico Militar, permitió una descripción general de la topografía del paisaje, pero no sería conveniente su uso a escala parcelaria, ya que carece de la precisión necesaria.

Se utilizó también un modelo raster de distancias a la costa como forma de describir la influencia marítima, sin embargo una descripción mas precisa y su aplicación para comprender como afecta dicho factor al funcionamiento de la vid requerirá la instalación de varias estaciones meteorológicas en la zona.

El uso de imágenes provenientes de percepción remota utilizadas en esta tesis fue una primera aproximación, aunque distó mucho en llegar a utilizar su potencial, ya que se requeriría imágenes con mayor resolución geométrica. Sin embargo, el uso de imágenes multiespectrales y los índices de vegetación son una buena forma de recopilar datos a escala regional y parcelaria del estado del cultivo (área foliar, vigor de la brotación, stress hídrico, etc.), además de permitir delimitar distintos tipos de suelos y coberturas vegetales. Pudiendo utilizarse estas imágenes para viticultura de precisión. En esta tesis se pudo visualizar las distintas coberturas vegetales.

Una mayor escala requerirá también una georreferenciación más precisa (nivel submétrico) de todas las capas y además un relevamiento mas exhaustivo (por ejemplo curvas de nivel a 1m; relevamiento de suelos a 1:10000, etc.), esto permitirá que los datos puedan utilizarse a escala parcelaria, en viticultura de precisión. De esta manera existe la posibilidad que los datos generados por este sistema puedan aprovecharse por muchos usuarios (productores vitícolas, agentes públicos) en la gestión agronómica de sus cultivos vitícolas, con la posibilidad de su distribución vía Internet o integrando una infraestructura de datos espaciales (IDE).

5.- CONCLUSIONES

5.1.- La utilización de sistemas de información geográfica permitió el almacenaje y análisis de la información necesaria para la caracterización y delimitación de las unidades territoriales vitícolas o “terroirs” potenciales en la zona de estudio.

5.2.- La metodología consistente en la delimitación de unidades territoriales básicas por pedopaisajes, según Vaudour (2003), y su caracterización aplicando operadores zonales mediante un sistema de información geográfica, permitió separar dos Unidades Territoriales Vitícolas potenciales o “terroirs” potenciales en la zona de Colonia del Sacramento (figura N° 35).

5.3.- El nivel de precisión fue suficiente para una separación y caracterización primaria de las UTV, no siendo así si se quisiese utilizar estos datos en viticultura de precisión.

5.4.- Se requerirá la validación de las UTV potenciales obtenidas mediante ensayos vitícolas y enológicos que permitan comparar los distintos tipos de productos en cada una de las UTV o “terroirs” vitícolas de la zona en estudio.

5.5.- Para una mas completa descripción de las UTV, se debería complementar el sistema de información geográfica con datos socioeconómicos.

5.6.-La metodología aplicada podría ser validada para otros cultivos u otras producciones (por ej.: quesería, apicultura, etc.), aportando a la diferenciación y trazabilidad de los productos.

6.- BIBLIOGRAFÍA

Alliaume, F.; Silva, A., 2005. Relevamiento de suelos de viñedos de “Real de Vera” (CALUVA). Facultad de Agronomía. Departamento de Suelos y Aguas. Proyecto “Aplicación de la metodología de “terroir” en la zona de Colonia del Sacramento para la obtención de instrumentos de valorización de la producción vitivinícola local”. 22p. (mimeo).

Amat Llombart, P. 2008. Indicaciones de calidad en productos agrícolas y alimenticios e intereses de los consumidores. Congreso Internacional de derecho alimentario. Milán. 27 al 29 de noviembre de 2008. 35-45p. (En Línea) Consultado enero del 2009. Disponible en:
http://www.mapa.es/ministerio/pags/Plataforma_conocimiento/foro_legislavo/congreso_italia.pdf

Barbosa, C. 1996. Álgebra de Mapas e Suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, 157p. Consultado marzo del 2007. Disponible en:
<http://www.dpi.inpe.br/teses/claudio>

Barbosa, C.; Camara, G.; Medeiros, J. S.; Crepani, E.; Novo, E. M. L. M.; Cordeiro, J. P. C. 1998. Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico-econômico.
In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9. (SBSR), 1998, Santos. São José dos Campos: INPE. 487-500p. Consultado marzo del 2007. Disponible en: <http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.08.11.17>

Barbosa, C.; Cordeiro, J. 2001. Manual de referência - LEGAL. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, VIEIRA A. M. (Ed.).

Introdução à ciência da geoinformação.

São José dos Campos: INPE. 21p. Consultado marzo del 2007

Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.15.12>

Bodin, F.; Morlat R. 2006. Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour, in the Anjou vineyard (France). *Plant and Soil*. 281:37–54.

Bolo, P., Morlat, R.; Rioux, D. 1996. Un Système d'Informations à Références Spatiales sur le Vignoble. Un outil performant d'aide aux recherche sur la caractérisation des terroirs viticoles. *Les Terroirs Viticoles. Concept Produit Valorisation*. 1er Colloque international. Angers. France. 113-116p.

Bongiovanni, R.; Chartuni, R.; Mantovani, E.; Best, S.; Roel, A. 2006. Agricultura de Precisión. Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. *PROCISUR*. 246p.. Montevideo. Uruguay.

Burrough, P. A., McDonnell, R. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. 333 p.

Bosque Sendra, J. 1997. *Sistemas de información geográfica*. 2ª ed. Rialp. Madrid. 451p.

Bossi, J. 2001. Carta geológica Colonia del Sacramento-La Estancuela, 1/50000. Cátedra de Geología. Facultad de Agronomía. UDELAR.

- Bonnardot , V. 2003. The sea breeze : a significant climatic factor for viticultural zoning in coastal wine growing areas. IV Symp. Intr. Zoning vit. 339-343.
- Bremond, L.; Fabre, F.; Cotencin, R.; Robin, O.; Roustan, B.; Barcelo, M. 1999. Presentat on d`une méthodologie de caractérisation des terroirs et valorisation par l`effet terroir sur la typicité et l`originalité du produit vin dans la région des cotes du Rhône. Les Terrois Viticoles. Concept Produit Valorisation. 1er Colloque international. Angers. France. 52-56 p.
- Burrough, P. A.; McDonnell, R. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press. 333 p.
- Califra, A ; Michelazzo, M. 2006. Relevamiento geológico en las proximidades de Colonia del Sacramento. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Cátedra de Geología. 2006. 35p.
- Califra, A.; Molfino, J. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay. Segunda Aproximación. División de Suelos y Aguas. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. 11p.
- Caloz, R.; Pythoud, K. 2004. Étude des terroirs viticoles baudios. Base de données, SIG et modélisation du Mésoclimat. Laboratoire de SIG – EPFL.127p.
- Câmara, G. 1995. Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geograficos. 282 p. (INPE--TDI/). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos. 1995. Consultado marzo del 2007.

Disponibile en: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.29.07.25>

Câmara, G. et al. 1996. *SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by object-Oriented Data Modeling*. Computers and Graphics, vol. 15, n.6, July 1996. Image Processing Division (DPI), National Institute for Space Research (INPE), Brazil.

Câmara, G.; Monteiro, A. M. 2001. Conceitos basicos em ciência da Geoinformação. In: Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 35. (INPE-8563-PRE/4307). Consultado marzo del 2007. Disponible en: <http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.00>

Câmara, G.; Barbosa, C. C.; Cordeiro, J. P.; Lopez, E.; Freitas, U. M.; Lucena, I. 2001. Álgebra de mapas. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE. 30p. Consultado marzo del 2007. Disponible en: <http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.58>.

Carbonneau A. 2001. Concepts "terroir" Gresco XII^{ème} journées du groupe d`etude des systèmes de conduite de la vigne. Montpellier. France. 3-7 juillet. 2, 669.

Chuvieco E., 2008. Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Espacio. 3ed. Ed. Ariel. Barcelona. España. Septiembre 2008. 594p.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Azevedo, L. G. 1996. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO

REMOTO, 8. (SBSR), Salvador. São José dos Campos: INPE. p. 129-136.

Consultado marzo del 2007. Disponible en:

<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.04.10.54>

D'Alge, J. C. L. 2006. Cartografia para geoprocessamento. In: Câmara, G.;

Davis, Clodoveu; Monteiro C., Antonio Miguel Vieira (Ed.).

Introdução à ciência da geoinformação.

São José dos Campos: [s.n.] 2006. p. 6-1 - 6-32.

(INPE-14622-PRE/9625). Consultado marzo del 2007.

Disponible en: <http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/04.28.12.31>

Davis, C.; Câmara, G. 2001. Arquitetura de sistemas de informação geográfica.

In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Ed.). Introdução à ciência da geoinformação.

São José dos Campos: INPE, 35 p (INPE-8078-PRE/3893).

Consultado marzo del 2007.

Disponible en: <http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.19.14.10>.

Deloire, A.; Ferrer, M.; Carbonneau, A. 2003. Respuestas de la viña al

Terroir. Elementos para un método de estudio. Agrociencia. 7(1):105-103.

Duran, A. 1987. "La Cartografía de Suelos CONEAT y sus posibilidades de utilización." Montevideo. Facultad de Agronomía. Código 969.

Echeverría, G. 2003. Luces y sombras en el desarrollo de la competitividad vitícola de Uruguay: Un enfoque evolucionista. Maestría en Viticultura, enología y gestión de empresas. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Montpellier- Francia. Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay. Tesis. 105p.

Enrich, N. 1991. Regionalización del cultivo de la vid. Facultad de Agronomía.
CÁTEDRA DE FRUTICULTURA.Univerisdad de la República. Montevideo.
Uruguay. 65p.

ESPAÑA. Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2003.
LĒY 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino. 1-15p.
Consultado en marzo del 2008.
Disponible en:<http://www.mapa.es/es/alimentacion/pags/vino/leyvino.htm>

Falcade, I.; Mandelli, F.; Flores, C.; Fasolo, P.; Potter, R. 1999.
Vale dos Vinhedos. Caracterização Geográfica da Região.
Universidad de Caxias do Sul. EMBRAPA. 143p.

Fanet, J. 2004. La hierarchisation des coteaux du Languedoc. Une application
concrete du zonage viti-vinicole. Proceeding of the Joint International
Confernce on Viticultural Zoning. South African Society for Enology and
Viticulture. Cape Town. South Africa. Theme III. 10p.

Felicísimo, A. M. 2001. Modelos digitales de terreno. Curso de introducción.
Cap.1:1-2p. Universidad de Oviedo. Escuela de Minas. España.
Consultado noviembre 2007.
Disponible en:
<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/CursoMDT.html>

Ferrer, M. 2007 Etude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des
variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et
l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot.
Thèse Doctorat Ecole Nationale Supérieure Agronomique - Université de
Montpellier II -France 360pp

Ferrer, M.; Pedocchi, R.; Michelazzo, M.; González Neves, G.;

Carbonneau, A. 2007. Delimitación y descripción de regiones vitícolas del Uruguay en base al método de clasificación climática multicriterio utilizando índices bioclimáticos adaptados a las condiciones del cultivo. *Agrociencia* (11)1:47 – 56.

FRANCIA. INAO. 2006. Appellations d'Origine Contrôlées & Paysages 2006. 75p. Consultado noviembre 2007.

Disponible en:

<http://www.inao.gouv.fr/public/home.php?pageFromIndex=textesPages/Bibliographie395.php~mnu=395>

Gurovich, Luis A.; Vergara, L. Marcelo. 2005. Metodología para documentar el terroir de vinos de calidad ultrapremium. Una estrategia para dar valor agregado a los vinos chilenos. *Fac.Agronomía-Mecesup Pontificia Univ. Católica de Chile*. 78p.

Gomes, J.; Velho, L. 1995. Abstraction paradigms for computer graphics.

In The Visual Computer. (11)5:227-239.

Consultado diciembre 2006.

Disponible en:

<http://www.springerlink.com/content/100388/?k=Abstraction+paradigms+for+computer+graphics>

Hall, F.G.; Strebel, D.E.; Nickeson, J.E.; Goetz, S.J. 1991. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. *Remote Sensing of Environment*. (35)1:11-27. 1991.

- Huete, A.R.; Hua, G.; Chehbouni, A. y Van Leeuwen, W.J.D. (1992):
Normalization of Multidirectional Red and NIR reflectances with the SAVI.
Remote Sensing of Environment. 41:143-154.
- INPE, 2002. Curso Fundamentos de Geoprocessamento.
Divisão de Processamento de Imagens. 182p.
- Jaquet, A.; Morat, R. 1996. Etude de la composante climatique du terroir
viticole en Valle de Loire: relation avec les facteurs physiques du milieu.
INRA URVV. Les Terroirs Viticoles. Concept Produit Valorisation.
1er Colloque international. Angers. France. 124-129p.
- Kauth, R. J. y Thomas, G. S. (1976). "The Tasseled Cap. A graphic description
of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by
Landsat". En Symp. on Machine Processing of Remotely Sensed Data.
Purdue, 41-51p.
- Königer S; Schwab A. Michel S. 2003. Local Classification to regional zoning.
The use of a geographic information system (GIS) in Franconia/Germany.
Part1: Specific GIS applications in viticulture. Bayerische Landesanstalt für
Weinbau und Gartenbau, Abt. Weinbau und Rebenzüchtung,
SESSION II – 33:1-7.
- Landgrebe D. 1998. Information Extraction Principles and Methods for
Multispectral and Hyperspectral Image Data.
School of Electrical & Computer Engineering. Purdue University. 30p.

- Letessier, I. y Fermond, C. 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois.
2. Caracterisation des sols. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.
Vol. 36 (4): 4-10, 2004.
- MGAP, 1996. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. División de Suelos y Aguas.
Zonificación de cultivos de verano de secano. 5p.
- MGAP, 1996. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra. Indices de Productividad, Grupos CONEAT.
- Moldes Teo, J. 1995. Tecnología de los sistemas de información geográfica. 190p. Ed. RA-MA. Madrid.
- Molfino, J. 2009. Estimación del Agua Disponible en los grupos CONEAT. Metodología empleada. MGAP. 15p.
- Moreira M.A., 2001. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 1º Ed. São José dos Campos. SP. 250p.
- Morlat, R. 1996. Elements importants d'une metodologie de caracterization des facterurs naturels du terroir, en relation avec la réponse de la vigne à travers le vin. INRA URVV. Les Terrois Viticoles. Concept Produit Valorisation. 1er Colloque international.. 17 a 18 juillet. Angers. France 17-31.

- Morlat, R.; Barveau, G.; Asselin, Ch. 2001. Facteurs naturels et humains des terroirs viticoles français: méthode d'étude et valorisation. Etud. Rech. Syst. Agraires 32:111-127.
- Morlat, R. et Salette J. 1982. Paramètres du milieu et caractérisation du terroir en zone viticole de cru. Application aux vignobles rouges de la Moyenne Vallée de la Loire. In : Vignes et Vins. Agrométéorologie et Vigne. ITV ed. pp. 64-72.
- Murisier, F.; Briguet, C. 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois 1.Méthodologie, organisation, perspectives. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 36 (4): 2-3.
- Myburgh, P. 2005. Effect of altitude and distance from the Atlantic Ocean on mean February temperatures in the Western Cape Coastal region. Wynboer. August 2005. Consultado enero 2008.
Disponible en: <http://www.wynboer.co.za/recentarticles>.
- O.I.V. 2010. 8^{va} Asamblea general de la Organización internacional de la viña y el vino (OIV). Tbilisi (Georgia). 2010. Consultado enero 2011.
Disponible en: http://news.reseau-concept.net/images/oiv_es/Client/Resume_Resolutions_Tbilissi_ES.pdf
<http://www.oiv.int>
- Perez, L. 2003. Comparación de cuatro estaciones meteorológicas por medio de la utilización del sistema de clasificación climática multicriterio. Universidad de la República. Ecole nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. France. 52p.

- Perez , R. 2002. Técnico paper. Parámetros de Transformación entre el Sistema SIRGAS 95 y los Sistemas Locales CDM y ROU-USAMS (Yacaré). Universidad de la República UDELAR). Facultad de Ingeniería. Instituto de Agrimensura- Dpto. de Geodesia. 16p.
- Pinilla Ruiz, C. 1995. Elementos de Teledetección. Ed. RA-MA. Madrid. 313p.
- Pythoud, K. 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois. 3.Modélisation des paramètres climatiques. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 36 (4): 10-14.
- Salette J. 1988. El concepto de terror: una lógica para l`étude de lien du terroir au produit. C.R. Acad.Agric.Fr. Vol. 84(2):3-17.
- Salinas Chávez E.; Middleton, J. 1998. La ecología del paisaje como base para el desarrollo sustentable en América Latina / Landscape ecology as a tool for sustainable development in Latin America. Consultado en marzo de 2007. Disponible en: <http://www.brocku.ca/epi/lebk/lebk.html>
- Samet, H. 1996. Draft summary of Geographic Information Systems and Cartographic Modeling by C. Dana Tomlin. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ, 1990. Computer Science Department and Center for Automation Research and Institute for Advanced Computer Studies. University of Maryland. 12p.
- Sánchez Hernández, Á. 2008. Los sujetos de las indicaciones geográficas comunitarias de calidad agroalimentaria. . Congreso Internacional de derecho alimentario. Milán. 27 al 29 de noviembre de 2008. 24-34 p. Consultado en diciembre de 2009. Disponible en: http://www.mapa.es/ministerio/pags/Plataforma_conocimiento/foro_legislativo/congreso_italia.pdf

- Seguin, G. 1986. « Terroir » and pedology of wine growing. *Experiencia* 42: 868-873.
- Sganga, J. C.; Fuentes, R. 1982. El relevamiento de reconocimiento de suelos a escala 1:100000 en la República Oriental de Uruguay: Metodología y pautas. MGAP. 28p.
- Tomasi, D.; Caló, A.; Sivilotti, P.; Tore, C.; Fantola, F.; Locci, O.; Goddi, E.; Caredda, I.; Urru, S.; Schirru, P.; Scano A.; Graciano, O.; Cardu, P.; Buiani, A.; Borsa, D. 2006 a. Terroir Sardinie et Cannonau: le zonage comme approche pour découvrir une tradition antique. *Vle Congrès International des terroirs viticoles*.554-560p.
- Tomasi, D.; Sivilotti P.; Luciani, D.; Pol, M. 2006b. The sensory features of the landscapes *Appréciation sensorielle du paysage* *Vle Congrès International des Terroirs Viticoles* - *Vlth International Terroir Congress 2006* ©Enita. 7p.
- Tomlin D. 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, NJ.
- Tonietto, J. 1999. Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mesoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat d'Hamburg dans le sud de la France. Thèse de Doctorat. ENSA Montpellier. 233 pp.
- Tonietto, J. 2004. Applications pratiques du zonage vitivinicole. *Proceeding of the Joint International Conference on Viticultural Zoning*. South African Society for Enology and Viticulture. Cape Town. South Africa. Theme III. 10p.

- Tonietto, J.; Carbonneau, A. 2000. Système de Classification Climatique Multicritères (CCM) Géoviticole. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ZONIFICACION VITIVINÍCOLA, 3., Puerto de la Cruz, Tenerife, 2000. Annales. Puerto de la Cruz, Tenerife: OIV/Gesco.2 :1-16.
- Tricart, J. 1997. Ecodinâmica, Rio de Janeiro, 91 p.
- Vaudour, E. 2003. Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection. Ed. La Vigne. 294 p. France.
- Zonneveld, I.S. 1988. Landscape ecology and its application. En: Landscape Ecology and Management. Proceedings of the First Symposium of the Canadian Society for Landscape Ecology and Management: University of Guelph, May 1987. Editado por Michael R. Moss. Polyscience Publications Inc. Second Printing.
- Zufferey, V.; Murisier, F. 2004. Etude des terroirs viticoles vaudios. 4. Comportement physiologique et agronomique de la vigne. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 36 (4):14-20.

7.- ANEXO

7.1.- APLICACIÓN DE OPERADORES ZONALES CON EL PROGRAMA SPRING MEDIANTE LENGUAJE LEGAL

(Linguagem Espacial para Geoprocessamento ALgébriico).

7.1.1.- Operador media zonal de la capa distancia a la Ciudad de Colonia sobre la capa UTB como restricción

```
{
Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
Numerico dist ("MNT");
cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
dist = Recuperere (Nome = "Dist_ColoniaMNT");
zonas."DISTCOL" = MediaZonal( dist, zonas OnMap cad );
}
```

7.1.2.- Operador media zonal de la capa distancia a la costa sobre la capa UTB como restricción

```
{
Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
Numerico dist ("MNT");
cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
dist = Recuperere (Nome = "Distancia_a_costa");
zonas. "DISTCOST" = MediaZonal( dist, zonas OnMap cad );
}
```

7.1.3.- Operador mayoría zonal de la capa aptitud sobre la capa UTB como restricción

```
{
Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
Numerico apti ("MNT");
cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
apti = Recuperere (Nome = "APTITUD_ponderado_30");
zonas. "APTITUD" = MaioriaZonal( apti, zonas OnMap cad );
}
```

7.1.4.- Operador mayoría zonal de la capa geología sobre la capa UTB como restricción

```
{
  Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
  Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
  Numerico geolo ("MNT");
  cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
  geolo = Recuperere (Nome = "geo_ponderado_30");
  zonas. "GEOL" = MaioriaZonal ( geolo, zonas OnMap cad );}
```

7.1.5.- Operador media zonal de la capa topografía sobre la capa UTB como restricción

```
{
  Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
  Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
  Numerico topo ("MNT_julio2008");
  cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
  topo = Recuperere (Nome = "MNT");
  zonas. "TOPO_M" = MediaZonal ( topo, zonas OnMap cad );
}
```

7.1.6.- Operador media zonal de la capa pendientes, sobre la capa UTB como restricción

```
{
  Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
  Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
  Numerico decliv ("MNT_PENDIENTEjulio2008");
  cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
  decliv = Recuperere (Nome = "Pendiente");
  zonas. "PENDPORC" = MediaZonal( decliv, zonas OnMap cad );
}
```

7.1.7.- Operador media zonal de la capa exposición, sobre la capa UTB como restricción

```
{
  Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
  Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
  Numerico decliv ("MNT_PENDIENTEjulio2008");
  cad = Recuperere (Nome = "Unidad_paisaje");
  decliv = Recuperere (Nome = "Exposición");
  zonas. "EXPOGRD" = MediaZonal ( decliv, zonas OnMap cad );
}
```

**7.1.8.- Operador media zonal de la capa IVN CBERS del 19 de febrero,
sobre la capa UTB como restricción:**

```
{
Objeto zonas ("Unidades Paisaje (CONEAT)_pol_0");
Cadastral cad ("Edafologia_Catastral");
Imagem ivn ("CBERS-II");
  cad = Recuperare (Nome = "Unidad_paisaje");
  ivn = Recuperare (Nome = "IVN_CBERS_20050219-(OP5)");
zonas. "IVC19F05" = MediaZonal ( ivn, zonas OnMap cad );
}
```

7.2.- TABLAS DE ZONIFICACIÓN

TABLA Nº 12 Tabla de zonificación primaria por aptitud de las tierras para el cultivo de la vid en base a Gr. CONEAT.

GCONEAT	SUELO	DRENAJE	TEXTURA	VEGETACION	TOPOGRAFIA	FERTILIDAD	APDN(mm)	RIESGO DE EROSIÓN	COD. APDN(mm)	DRENAJE	FERTILIDAD	RIESGO EROSIÓN	PUNTAJE	ZONIFICACION
10.6a	Br. Sub. Tip/Luv	Moderadamente bueno	Franco limosa	Estival invernal, cultivos	Lomadas suaves (1-3%), con cristalino (2-4%)	Alta	119	Moderado	1	0,8	0,85	-0,4	2,3	S2(e)
10.1	Br. Eut. Tip y Ver. Rúp. Tip/Luv.	Bien drenados	Franco arcillo limosa	Cultivos y rastrojos, campo natural alta calidad	Ondulado suave (1-3%)	Muy alta	156	Ligero	0,75	1	0,85	-0,2	2,4	S1
10.3	Br. Eu. Luv/Tip asoc Ver. Rúp. Lúv	Moderadamente bueno	Franca a franca arcillosa	Predomina uso pastori, cvs. forrajeros	Ondulado suave (1-3%)	Alta	126	Moderado	0,75	0,8	0,85	-0,4	2,0	S2(e)
11.2	Br. Eut. Tip; Plan. Eut. Mel	Moderadamente bueno	Franco arcillosa a franco arcillo limosa	Pradera, sp.invernales, veg de parque	Ondulado(3-6%) a ondulado fuerte (5-8%)	Alta y muy alta	109	Moderado a severo	1	0,8	0,67	-0,6	1,9	S2(e)
10.8b	Vr. Rúp. Tip/Luv y Br. Eu/Sub. Tip. erosión moderada a ligera	Moderadamente bueno	Franco arcillo limosa	Predominio de cultivos.	Laderas suaves e interfluvios	Media	129	Moderado	0,75	0,8	0,85	-0,4	2,0	S2(e)
10.6b	Br. Sub. Tip/Luv, afectado erosión	Moderadamente bueno	Franco limosa Franco arcillosa arenosa, franco arenosa, franco arcillosa.	Praderas	Lomadas suaves (1-3%), con cristalino (2-4%)	Media	84	Moderado	0,75	0,8	0,67	-0,4	1,8	S3(e)
10.15	Br. Sub. Tip/Luv y Vert. Rúp. Lúv	Moderado a pobre	Franco arcillosa a franco arenosa	Predominios de cultivos y rastrojos, zonas pastoriles	Laderas convexas (2%)	Media a alta	125	Moderado	0,75	0,6	1	-0,4	2,0	S2(e)
11.9	Br. Sub/Eu. Tip/Luv	Moderadamente bueno	Franco arcillosa a franco arenosa	Agricultura de muchos años, cultivos forrajeros.	Laderas fuertes 4-8%)	Media a alta	145	Severo a moderado	0,75	0,8	1	-0,8	1,8	S2(e)
09.4	Br. Sub. Luv/Tip y Arg. Sub. Tip	Pobre a moderado	Franco, franco limosa y arenosa	Cultivos, praderas y pasturas.	Laderas concavas con pendientes fuertes y cóncavas 4-10%	Media	104	Moderado	1	0,4	0,85	-0,4	1,9	S2(e)(d)
10.10	Planosoles y Brunosoles cubiertos por arena volada	Pobre a moderado	Franco limosa con arena fina a muy fina	Pradera estiva I	Plano a suavemente ondulado	Media	69	Moderado	0,75	0,4	0,85	-0,4	1,6	S3(e)(d)
5.02b	Brun. Sub. Háp e Incep.	Bien drenados	Franca a franca gravillosa o arenosa franca con gravillas abundantes	Praderas y pasturas naturales	Ondulada y ondulada fuerte, rocosidad asociada 2 a 10% afloramientos	Media a baja	89	Severo	1	1	0,67	-1	1,7	S3(e)(r)
10.5	Argi. Sub. Mel. Abr	Moderado a pobre	Franco limosa con arena fina a muy fina.	Pradera invernal, predominio ganadería, agricultura.	Lomadas suaves (0-2%)	Media	169	Ligero	0,5	0,6	0,85	-0,2	1,8	S2(d)(h)
10.11	Planos. Sub/Eu. Mel	Pobre	Franco limosa con arena fina a muy fina.	Predominios de cultivos y rastrojos.	Laderas largas de pend.suaves (0.5-1.5%)	Alta	162	Ligero	0,5	0,2	0,85	-0,2	1,4	S3(d)(h)
03.41	Gley Lúv. Melán. Tip. Limosos	Muy pobre	Limosas	Pradera estival, pasturas	Llanuras medias no inundables, encharcadas por algún tiempo	Alta	162	Nulo	0,5	-1	0,85	0	0,4	N2
03.2	Fluvisoles. Heterotext. Mel.(aluvial) asoc. Gley Hum. Mel	Muy pobre	Predominan text.arenosas francas	Selva flúvica típica	Llanuras bajas inundables	Baja	167	Nulo	0,5	-1	0,17	0	-0,3	N2
03.52	Planos. Sub. Ocr/Mel y Plan. Distr. Ocr	Muy pobre	Limosas y francas	Pradera estival con tapiz moderadamente denso	Plana con micro y mesorelieve débil a moderado	Baja	74	Nulo	1	-1	0,17	0	0,2	N2
03.3	Gly. Hapl. Mel/Hist.	Muy pobre	Limo Arcillosa	Veg. hidrófila: pajonales, junciales con herbazales asociados	Llanuras bajas inundables	Baja a media	136	Nulo	0,75	-1	0,5	0	0,3	N2
07.2	Arenosoles	Exesivamente drenados	Arenosa	Cordon arenoso costero.	Plano	Muy baja	45	Severo	0,5	0,6	0,17	-1	0,3	N2
07.1	Arenosoles y arenosoles ótricos	Exesivamente drenados con problemas locales de drenaje	Arenosa	Vegetación psamófila, pradera estival abierta.	Plano a suavemente ondulado	Muy baja a baja	59	Severo a moderado	0,75	0,6	0,17	-0,8	0,7	N2

TABLAS N° 13 Tablas de ponderación utilizada para la zonificación del cultivo de la vid en base a Gr. CONEAT.

APTITUD	RANGO
S1	2,4-3
S2	1,8-2,4
S3	1,2-1,8
N1	0,6-1,2
N2	0-0,6

AGUA POT. DISPONIBLE	Puntaje
161 a 225 mm	0,5
121 a 160 mm	0,75
71 a 120 mm	1
51 a 70 mm	0,75
45 a 50 mm	0,5

DRENAJE	Puntaje
Muy pobre	-1
Pobre	0,2
Pobre a moderado	0,4
Moderado a pobre	0,6
Moderadamente bueno	0,8
Bien drenados	1
Exesivamente drenados	0,6

RIESGO EROSIÓN	Puntaje
NULO	0
LIGERO	-0,2
MODERADO	-0,4
MODERADO A SEVERO	-0,6
SEVERO A MODERADO	-0,8
SEVERO	-1

FERTILIDAD	Puntaje
Muy Baja	0,17
Baja	0,33
Baja a media	0,50
Media a baja	0,67
Media	0,84
Media a alta	1,00
Alta a muy alta	0,84