



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

GEOMORFOLOGÍA DEL TERROIR EN MALVILLA Y TAPIHUE, REGIÓN DE VALPARAÍSO, CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

FELIPE ANDRÉS LAGOS DENHAM

PROFESOR GUÍA:

MARCELO FARIÁS THIERS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

KATJA DECKART

SANTIAGO DE CHILE

2015

RESUMEN

Estudiar las condiciones geológicas y geomorfológicas en que se desarrollan los cultivos de vid se ha convertido en algo de gran importancia este último tiempo, debido al amplio desarrollo de la industria vitivinícola en Chile durante la última década.

Las dos viñas que comprenden el presente estudio se ubican en Tapihue y Malvilla, ambas en la V Región de Valparaíso, Chile, y están inmersos en la Cordillera de la Costa. La primera se caracteriza por estar emplazada en una zona cuyo rasgo geomorfológico más importante es su ubicación en un sector de piedemonte, mientras que la segunda área se encuentra en una superficie correspondiente a terrazas de marinas pleistocenas incididas por la red fluvial activa. En ambas localidades se observan zonas de depósitos coluviales, pero es en Tapihue en que éstos influyen directamente en los suelos de las plantaciones, no así en Malvilla, lugar en que estos depósitos se encuentran bajo el nivel de los cultivos.

De estos rasgos, se desprenden diversas propiedades de los suelos, los que les confieren diferentes características, como son la pendiente, la litología, la granulometría de los suelos, entre otras.

Para este estudio, se realizó un mapeo de ambas regiones junto con un reconocimiento de los rasgos geomorfológicos más importantes y la toma de muestras y análisis granulométrico de los suelos en cuestión.

La principal diferencia de los rasgos geomorfológicos entre ambas zonas es que las viñas ubicadas en Tapihue se encuentran en equilibrio con su nivel base local, mientras que en Malvilla las viñas se encuentran por sobre su nivel base local.

Los resultados indican que, en comparación, ambas zonas presentan similares pendientes, variando de plano a ligeramente escarpadas ($0-25^\circ$ en las zonas de cultivos) llegando incluso a 50° en zonas de la Cordillera de la Costa y algunas quebradas, como la del Estero El Sauce en Malvilla. Petrologicamente, existen diferencias litológicas, estando la zona de Tapihue formada por granodioritas y tonalitas, mientras que el área de Malvilla posee rocas sedimentarias, gneises y dioritas. Otro resultado importante obtenido mediante tamizaje, es que los suelos, en primer orden, serían aptos para los cultivos, ya que poseen arena y guijarros predominantemente (80%) y limo/arcilla en menor cantidad (20%), lo que favorecería el drenaje.

Por último, se observó en terreno que ambas zonas presentan suelos generados in-situ en los sectores en que se realiza el cultivo, lo que confirma la hipótesis de que estos suelos son de tipo autóctono.

Ni la lluvia, ni el llanto, ni tus pasos
que resuenan en el camino del acantilado importan;
Ahora puedes llorar y dejar que tu imagen se diluya
en los parabrisas de los coches estacionados a lo largo
del Paseo Marítimo. Pero no puedes perderte.

ROBERTO BOLAÑO

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Proyecto Innova 12CTI-16788.

Quiero agradecer a los miembros de la comisión evaluadora: Marcelo, Katja y Brian por la ayuda entregada durante el desarrollo de esta memoria. También a Pamela y Muriel por la paciencia en los terrenos y la buena onda entregada en las jornadas que pasamos juntos.

A los funcionarios del departamento de Geología de la Universidad de Chile, en especial a Blanca, Roberto y Quilo por su buena disposición.

A mi mamá por todo el aguante este tiempo y en la vida en general. A mi hermano Cristián y mi sobrina por las alegrías. A mis abuelos por su gran cariño y enseñanzas.

A Paula por su apoyo y cariño incondicional (y por los tés).

A mis hermanos que me acompañaron desde el principio y a los que fui conociendo en el camino: Rodolfo, Nicolás, José Ignacio, Giovanni y Manuel. Gracias por las conversaciones para tratar de arreglar el mundo (pos hombre).

A mis compañeros a lo largo de estos años en Beauchef.

Tabla de contenido

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Presentación	1
1.2.	Ubicación y vías de acceso de las zonas de estudio	3
1.3.	Clima.....	4
1.4.	Objetivos	5
1.4.1.	Objetivo general.....	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Hipótesis de trabajo.....	6
II.	METODOLOGÍA DE TRABAJO Y ANÁLISIS	7
2.2.	Mapeo geológico.....	7
2.2.1.	Trabajo de terreno.....	7
2.3.	Análisis de fotografías aéreas	9
2.4.	Análisis granulométrico.....	9
III.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO	12
3.1.	Marco geológico	12
3.1.1.	Zona de Tapihue.....	12
3.1.2.	Zona de Malvilla.....	14
IV.	GEOMORFOLOGÍA.....	16
4.1.	Tapihue	16
4.2.	Malvilla	17
V.	UNIDADES GEOLÓGICAS	21
5.1.	Tapihue	21
5.1.1.	Roca	21
5.1.2.	Suelo.....	24
5.2.	Malvilla	27
5.2.1.	Roca	27
5.2.2.	Suelo.....	31
VI.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	33
6.1.	Tapihue	33
6.2.	Malvilla	35
VII.	DISCUSIONES	38
VIII.	CONCLUSIÓN	46
IX.	BIBLIOGRAFÍA	48

ANEXO A.....	I
Coordenadas de puntos de control.....	I
Tapihue	I
ANEXO B.....	V
Coordenadas de puntos de control.....	V
Malvilla	V
ANEXO C.....	X
Descripción general de muestras de suelo	X
TAPIHUE	X
ANEXO D.....	XV
Descripción general de muestras de suelo	XV
MALVILLA.....	XV
MAPAS FUERA DE TEXTO	XX

Índice de figuras

Figura 1: Clasificación de diferentes áreas productoras de vinos en Chile, según su ubicación geográfica.....	2
Figura 2: Ubicación de las zonas de estudio.....	4
Figura 3: Puntos de control y muestreo para la zona de estudio de Tapihue.....	8
Figura 4: Puntos de control y muestreo para la zona de estudio de Malvilla.....	8
Figura 5: Esquema representativo del método manual de cuarteo para muestras de suelo.....	10
Figura 6: Litologías de Tapihue.....	13
Figura 7: Litología de Malvilla.....	14
Figura 8: Pendientes del área de Tapihue.....	17
Figura 9: Ensanchamiento hacia la línea de costa del Estero El Sauce.....	18
Figura 10: Niveles de terrazas marinas.....	19
Figura 11: Mapa de pendientes de la zona de Malvilla.....	20
Figura 12: Muestras VR-4a y VR-5b.....	22
Figura 13: Muestras de mano correspondientes a tonalitas de biotita y hornblenda.....	22
Figura 14: Muestras de mano correspondientes a tonalitas de biotita.....	23
Figura 15: Muestra de mano correspondiente a la aplita de turmalina.....	23
Figura 16: Depósitos aluviales en el valle Los Perales de Tapihue.....	24
Figura 17: Quebrada con flujos esporádicos.....	25
Figura 18: Depósitos fluviales antiguos en la quebrada La Retoma.....	26
Figura 19: Depósitos coluviales.....	27
Figura 20: Muestras CR-1a y CR-7a.....	28
Figura 21: Muestras CR-6b y CR-9b.....	29
Figura 22: Muestra de mano CR-11b.....	29
Figura 23: Muestras CR-1b y CR-3a.....	30
Figura 24: Depósitos coluviales.....	31
Figura 25: Banco de coquinas con areniscas.....	32
Figura 26: Granulometría de las muestras de suelo de la zona de Tapihue.....	33
Figura 27: Granulometría de la zona de Malvilla.....	36
Figura 28: Vista panorámica del área de estudio en Tapihue.....	38
Figura 29: Zona de estudio de Malvilla.....	39
Figura 30: Casos extremos de superficies y su nivel base respecto a los niveles freáticos.....	40
Figura 31: Horizonte de suelo en Tapihue.....	43
Figura 32: Horizonte de suelo en las cercanías de Malvilla.....	44

Índice de tablas

Tabla 1: Tamaños de las aberturas de los tamices y su relación con el tipo de suelo	11
Tabla 2: Límites de tamices con los que se realiza el ensayo.....	11
Tabla 3: Resumen de los tamizajes de las muestras de Tapihue.	33
Tabla 4: Clasificación de la pedregosidad de suelos.....	35
Tabla 5: Porcentajes de cada tamaño de granulometría perteneciente a las muestras de suelo analizadas.....	35
Tabla 6: Resumen de pedregosidad.	37
Tabla 7: Clases de pendientes según su inclinación en porcentaje.	41

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación

La industria vitivinícola en Chile ha experimentado un gran desarrollo en la última década. Esta evolución ha traído consigo la elaboración de productos de alta calidad, y a consecuencia de esto, la industria exige un estudio del por qué se desarrollan vinos en condiciones naturales particulares, determinadas por condiciones tales como el tipo de suelo y el clima. El concepto de *terroir* incorpora la interacción entre parámetros naturales y antropogénicos y define el tipo y calidad de los vinos en áreas geográficas particulares (Rupnik et al., 2014); por tanto, es importante conocer cómo se genera el *terroir* y qué condiciones posee éste para el cultivo de la vid. Los seres humanos han orientado el manejo prudente de la agricultura y la generación de tecnologías hacia condiciones naturales particulares con el fin de aumentar la calidad del vino y entregarle unicidad y exclusividad (Constantini et al, 2012).

Los suelos tienen una evolución natural que depende de una serie de factores asociados a la transferencia de masas y a la alteración química (autóctona y alóctona) de ellos. En este sentido, tanto la transformación de la roca en regolito y suelo, así como la escorrentía superficial y sub-superficial juegan un papel importante en este proceso. Es sabido además que la transferencia de masas no está aislada de la influencia de la flora y la fauna. Así mismo, un suelo es el resultado de procesos ligados al ciclo hidrológico, por tanto, climático, y su formación depende también de (1) las propiedades intrínsecas de las rocas –que generarán suelos autóctonos o alóctonos-, transporte de éstas por procesos hidráulicos o gravitacionales, (2) la actividad biológica y, finalmente, (3) de causas antropogénicas. Por ello, se plantea que la determinación de *terroirs* dentro de un dominio particular debe ir de la mano con la dinámica geológica y geomorfológica de la zona, debido a que estos son considerados componentes importantes de su formación (Vaudour, 2003; Maltman, 2008).

Para lograr comprender y poner en práctica lo anterior, se realiza un estudio piloto en dos viñas seleccionadas por el Proyecto Innova 12CTI-16788. En este proyecto también participan Pamela Castillo (tesista de doctorado en geología de la Universidad de Chile) y Muriel Contreras (memorista de pregrado de geología de la Universidad de Concepción), con quienes se llevaron a cabo los terrenos del proyecto. Las viñas elegidas para este estudio se encuentran ubicadas en Tapihue (Región de Valparaíso, Valle de Casablanca) y Malvilla (Región de Valparaíso, cercanías de San Antonio). El proyecto consiste en determinar las principales características de las condiciones geológicas y geomorfológicas existentes en el entorno de los viñedos. Cabe mencionar que ambas zonas se encuentran ubicadas en áreas costeras de producción de vinos, según la clasificación dada por Wines of Chile, New Classification of Chile's Wine-Producing Areas, como se observa en la Fig. 1.

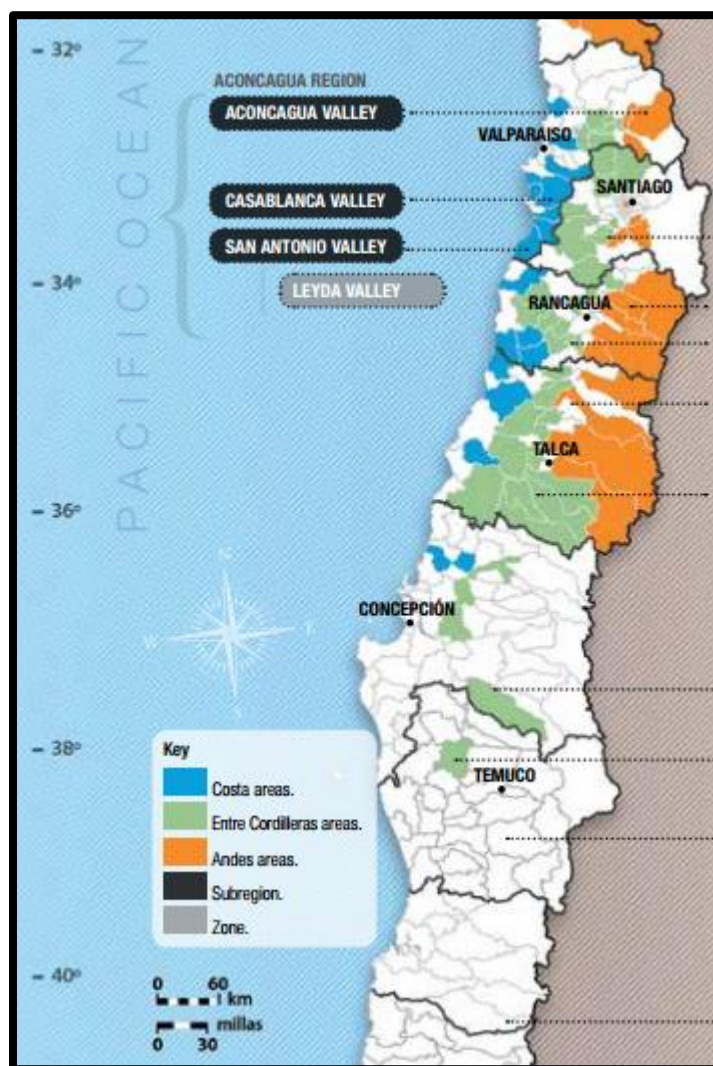


Figura 1: Clasificación de diferentes áreas productoras de vinos en Chile, según su ubicación geográfica. Las zonas de estudio corresponden al área costera, pertenecientes a los valles de Casablanca y de San Antonio (imagen modificada de Revista Wines of Chile, *New Classification of Chile's Wine-Producing Areas*).

Llevar adelante esta caracterización representa un gran desafío, puesto que los estudios propuestos aquí no han sido previamente realizados en Chile, aunque existen estudios de esta índole en otros lugares del mundo que pueden ser tomados como referencia (e.g. Kontkanen et al., 2005). Desarrollar este tipo de análisis podría resultar de gran utilidad para la investigación, desarrollo e innovación de la industria vitivinícola chilena.

Tanto la geología como la geomorfología de los valles centrales y cordilleranos de Chile son de una particularidad única en el mundo e imprimen, en combinación con variaciones y efectos climáticos, condiciones distintivas al vino chileno. Como ya se mencionó, estas propiedades distintivas no han sido estudiadas ni mucho menos explotadas en la comercialización y marketing de la industria vitivinícola chilena en el mundo, por lo que el lograr determinar y caracterizar las viñas y la relación entre el entorno geológico (geología, geomorfología y geoquímica) y el clima, con la

especificidad y calidad de vinos, permitirá tipificar vinos de alta calidad y así otorgar valor agregado a productos que en la actualidad pueden estar altamente subvalorados, debido a la carencia de estos datos. Un ejemplo de ello sería la relación existente entre la pendiente del talud en que se encuentran los cultivos de vino y el ángulo de incidencia del sol en estos para el crecimiento de los viñedos y el drenaje del suelo, según lo expuesto en Hancock (2005).

1.2. Ubicación y vías de acceso de las zonas de estudio

Como se puede observar en la Fig. 2, las dos áreas de estudio se encuentran ubicadas en la V Región de Valparaíso, Chile. Tapihue, por un lado, se encuentra ubicado en la Provincia de Valparaíso, Comuna de Casablanca, mientras que Malvilla, se sitúa en la Provincia de San Antonio, Comuna de San Antonio.

En general las vías de acceso a las zonas de estudio se encuentran en buen estado, ya que se encuentran en las cercanías de las ciudades de Casablanca para el caso de Tapihue y de San Antonio para Malvilla, a las que se accede por rutas muy transitadas.

El acceso a Tapihue se realiza tomando la ruta 68 desde Santiago en dirección a Valparaíso, llegando a Casablanca cerca del kilómetro 92, para luego seguir la ruta F864G hacia el noreste recorriendo desde allí cerca de 10 km hasta llegar al destino.

Para acceder a Malvilla, se requiere tomar la ruta 78 en dirección a San Antonio, hasta el sector paso Sepultura, a 100 kilómetros de Santiago. Posteriormente se toma el camino hacia el sur recorriendo aproximadamente 2,5 km por la ruta G974.

En ambos casos, para acceder a los afloramientos se deben utilizar los caminos privados que existen en las viñas y casas aledañas a las zonas de estudio, los que se encuentran en buen estado. Debido a esto es necesario solicitar previamente los permisos pertinentes para trabajar a los respectivos dueños de los terrenos.



Figura 2: Ubicación de las zonas de estudio La estrella azul indica la ubicación de la zona de estudio en Tapihue. La estrella verde indica la zona de estudio en Malvilla. Mapa modificado a partir de Mapa rutero de Chile Turistel (www.turistel.cl).

1.3. Clima

El Valle de Casablanca presenta un clima templado-cálido con lluvias invernales y una estación seca prolongada, de siete a ocho meses de duración. La precipitación media anual es de 483 mm y la temperatura media anual es de 13,6 °C. Este clima está fuertemente influenciado por el Océano Pacífico, que en estas latitudes es particularmente frío debido a la presencia de la corriente de Humboldt, fenómeno que origina abundante nubosidad baja y neblinas que penetran varios kilómetros hacia el interior. La vegetación nativa se encuentra formada principalmente por matorrales y arbustos, denominado bosque Esclerófilo (Venegas et al., 2013). En el bosque esclerófilo es posible encontrar, según Gajardo (1994), especies como *Persea lingue* (lingue), *Cryptocarya alba* (peumo), *Luma apiculata* (arrayán), *Drimys winteri* (canelo),

Beilschmiedia miersii (belloto), *Quillaja saponaria* (quillay), *Peumus boldus* (boldo), *Maytenus boaria* (maitén), *Acacia caven* (espino), entre otras.

Por otro lado, la zona de Malvilla en la Provincia de San Antonio, posee un clima formado en una zona en que se produce un período prolongado de sequía, cercano a los nueve meses de duración. Además, presenta temperaturas agradables con un promedio anual de 14,5 °C, donde la temperatura media del mes más cálido (enero) es alrededor de 17,8 °C, y el mes más frío (julio) desciende a 11,4 °C. La precipitación promedio anual en tanto, varía entre 380 y 400 mm (Rodríguez, 1990). También presenta vegetación nativa del tipo bosque esclerófilo.

Según Sepúlveda (2003), Tapihue se encuentra en el sector litoral sur (LS) el que posee un clima templado semiárido con una humedad relativa anual de un 85%, mientras que Malvilla está emplazada en el sector cordillera de la costa (CC), el que tiene el mismo tipo de clima que Malvilla, pero la humedad relativa anual es de un 77%.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Este trabajo tiene como objetivo fundamental determinar las condiciones geomorfológicas y geológicas de primer orden que particularizan determinadas zonas vitivinícolas de Chile, con el fin de aproximarse a las condicionantes reales cuantitativas y cualitativas que determinan la calidad de un *terroir* apto para producir vinos de alta calidad.

1.4.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que conducirán a lograr el objetivo general son:

- Identificar y caracterizar petrología y rasgos geomorfológicos de las zonas de estudio.
- Determinar granulometría de suelos.
- Determinar relaciones entre las características granulométricas y la geomorfología.

1.5. Hipótesis de trabajo

Los suelos propicios para los cultivos de vid, en las dos zonas estudiadas para el presente trabajo, son autóctonos (generados in-situ) y se encuentran condicionados por rasgos geomorfológicos y geológicos de depósitos coluviales.

II. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y ANÁLISIS

La metodología asociada con cada uno de los objetivos específicos planteados, se muestra a continuación en el mismo orden de aparición presentado en el apartado 1.4.2.:

2.2. Mapeo geológico

El mapeo geológico, realizado en base a los datos recolectados en las campañas de terreno, permite determinar in-situ la disposición geológica y geomorfológica de contactos y litologías del área de estudio. Además, se registran a través de él las principales características geomorfológicas observadas en terreno, siendo este uno de los principales focos de estudio del presente trabajo. Posteriormente, se realiza trabajo de gabinete, consistente en la digitalización de los mapas realizados en terreno, complementando esto con la información bibliográfica disponible.

2.2.1. Trabajo de terreno

Las campañas de terreno se realizaron durante los días 3 al 11 de mayo del 2014 (3 – 7 de mayo en Malvilla y 8 – 11 de mayo en Tapihue). Los puntos de muestreo en terreno se escogieron debido a que eran zonas cercanas a las plantaciones de vid y en zonas de algunas quebradas menores que aún no han sido plantadas (Fig. 3 (Tapihue) y 4 (Malvilla)).

El tamaño de las muestras de suelo tomadas varía entre los 2 – 4 kg y fueron tomadas un total de doce muestras en Malvilla y nueve muestras en Tapihue. El procedimiento de recolección de éstas se realiza excavando en el suelo a una profundidad de hasta 40 cm en algunos casos, todo esto mediante pala y chuzo. Es importante destacar que como no se realiza análisis químico a las muestras no se considera como un factor a considerar la posible contaminación de las muestras con los materiales de trabajo. Las muestras son guardadas en bolsas plásticas selladas con cinta multiuso gris.



Figura 3: Puntos de control y muestreo para la zona de estudio de Tapihue. Imagen modificada desde Google Earth.

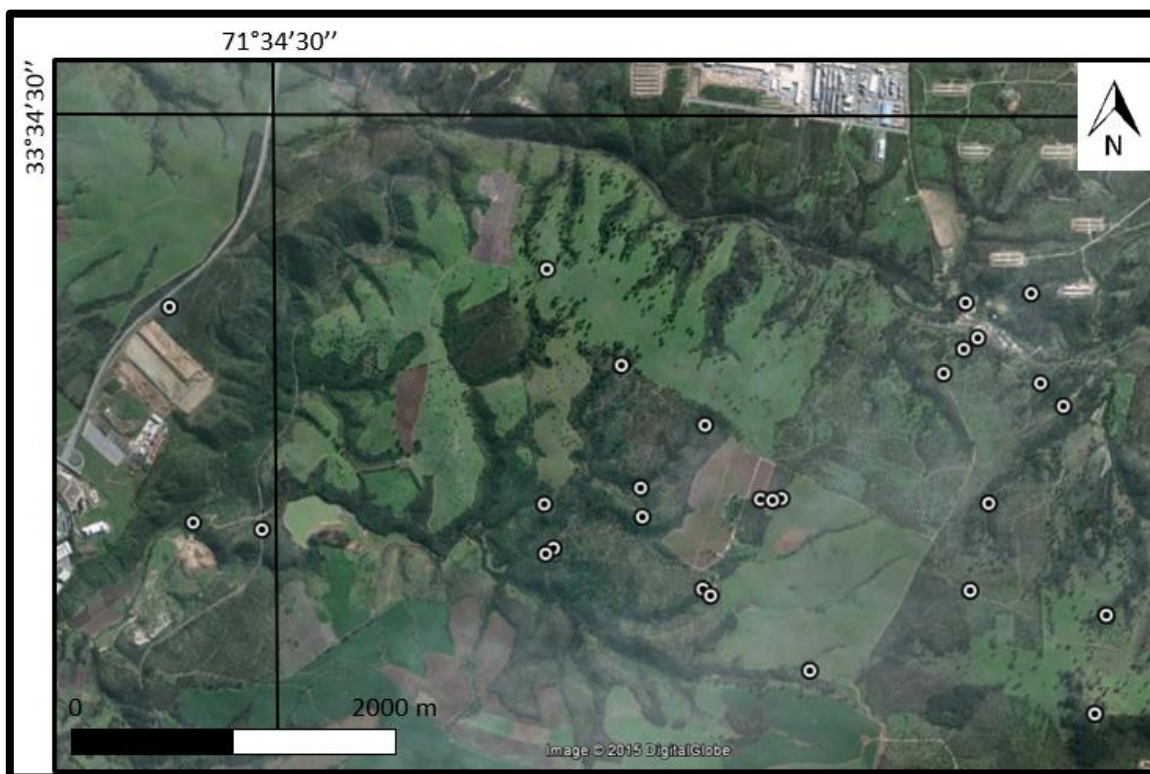


Figura 4: Puntos de control y muestreo para la zona de estudio de Malvilla. Imagen modificada desde Google Earth.

2.3. Análisis de fotografías aéreas

Se realizan análisis de fotografías aéreas del vuelo Hycon, pertenecientes a la biblioteca del SERNAGEOMIN, a escala 1:70000, para complementar el mapeo del relieve de las zonas de estudio, éste se realiza utilizando un estereoscopio. Las imágenes estudiadas para cada área fueron:

Casablanca: Rollo 35, línea 27, imágenes 5827 y 5828 (26/3/1955).

San Antonio: Rollo 2, línea 30, imágenes 104 y 104 (15/12/1954).

Adicionalmente, se utiliza el software Google Earth a modo de complemento del mapeo de las fotografías del vuelo Hycon, debido a que estas no poseen la escala apropiada para el estudio y no se encuentran actualizadas a la fecha.

2.4. Análisis granulométrico

Para efectuar el análisis granulométrico de suelos y sedimento se procede con una modificación de la metodología desarrollada por Valentina Flores Aqueveque (Proyecto MECESUP UCH 0303), que se detalla a continuación:

En terreno se realiza un muestreo sub-superficial del punto de análisis, el cual debe ser representativo de las unidades litológicas del área de estudio. Este muestreo se realiza en los primeros centímetros de profundidad del suelo, entre 20 a 40 cm.

La preparación de los suelos y sedimentos para el análisis depende de la consolidación, carácter físico y constitución mineralógica de las muestras. En este caso se trabaja con sedimentos no consolidados, por lo que las muestras requieren una trituration leve, realizada directamente con un martillo geológico, para eliminar todos los terrones presentes en el suelo.

Como primer paso para el análisis de sedimentos no consolidados y suelos, se realiza un estudio preliminar con lupa de mano, esto con el fin de observar el redondeamiento y esfericidad que poseen los clastos y determinar si éstos se correlacionan con las litologías que se encuentran en torno a los depósitos determinando los porcentajes de los tamaños de clastos que poseen los suelos estudiados. Posteriormente se realiza el secado de la muestra, para eliminar toda la humedad que esta pueda contener. Esto se realiza por 24 hrs en un horno tipo Binder a 50 °C. El horno Binder está ubicado en el laboratorio de sedimentología del Departamento de Geología de la Universidad de Chile. Luego, una vez que la muestra esté seca, se realiza el cuarteo, que consiste en reducir el tamaño original de una muestra de suelo. El objetivo de ello es obtener una muestra representativa del material y de un tamaño acorde a los requerimientos del ensayo a realizar. Un buen cuarteo se obtiene utilizando un cuarteador mecánico, sin embargo, si no se dispone de uno, puede realizarse manualmente. Para esto se coloca la muestra formando un cono, que

luego se aplasta en forma de disco. Este se divide en cuatro partes. Dos cuartos opuestos se rechazan y los otros dos se conservan. Se repite el procedimiento hasta obtener la fracción para estudio deseado. El cuarteo realizado para este estudio fue hecho manualmente mediante el método señalado anteriormente y se puede observar gráficamente en la Fig. 5.

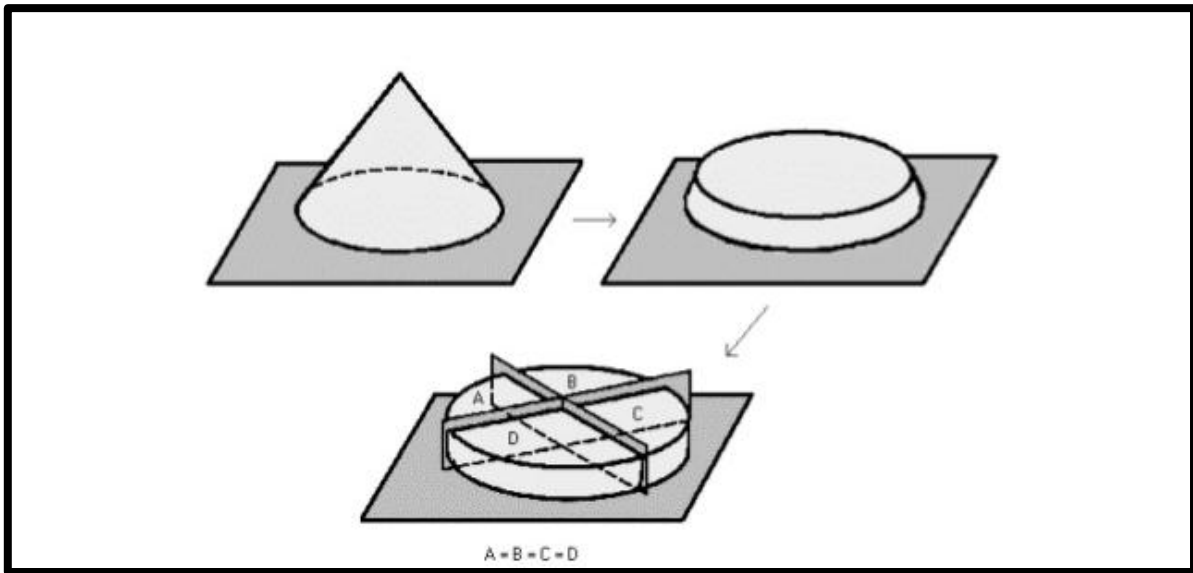


Figura 5: Esquema representativo del método manual de cuarteo para muestras de suelo. Se genera un cono con la muestra, luego se aplasta formando un disco y se procede a realizar el cuarteo. Imagen modificada de <http://es.slideshare.net/lesliejoaquincotrado/manual-de-muestreo>

Para este estudio se utilizan pesos entre 450 y 950 g, luego de realizado el cuarteo, dependiendo del peso de la muestra total, de la calidad de la muestra y del cuarteo realizado. Una vez finalizado el cuarteo se procede a tamizar la muestra, para clasificar el tipo de suelo según su granulometría. Para esto se utilizan tamices de tamaños como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1: Tamaños de las aberturas de los tamices y su relación con el tipo de suelo (editado de <http://es.slideshare.net/jetly206/granulometria-12644677?related=1>)

Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm/μm)	Tipo de suelo
3 "	75 mm	GRAVA
2 "	53	
1 1/2 "	37,5	
1 "	26,5	
3/4 "	19	
3/8 "	9,5	ARENA GRUESA
N° 4	4,75	
N° 10	2	ARENA MEDIA
N° 20	850 μm	
N° 40	425	
N° 60	250	ARENA FINA
N° 140	106	
N° 200	75	

Los tamices utilizados para este estudio son los que limitan las clasificaciones de los tipos de suelos indicados en la Tabla 2:

Tabla 2: Límites de tamices con los que se realiza el ensayo.

Tamiz (ASTM)	Tamiz (mm/μm)	Tipo de suelo
3/8"	9,5 (mm)	Grava
N° 4	4,75	Arena gruesa
N° 10	2	Arena media
N° 40	425 (μm)	Arena media
N° 60	250	Arena fina
N° 200	75	Arena fina

Se considera finalmente que todo el material que pasa por la malla N° 200 se clasificará como limo/arcilla.

III. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1. Marco geológico

La Cordillera de la Costa entre los 33°00'S y los 33°40'S está compuesta mayoritariamente por un extenso batolito de granitoides Mesozoico, como también por rocas plutónicas y metamórficas Paleozoicas (Gana et al.,1996). Además, se encuentran en ella depósitos marinos Cretácicos y Eocenos, los cuales afloran en partes restringidas del farallón costero al oeste de Litueche y en Algarrobo, mientras que los depósitos marinos del Neógeno dados por las Formaciones Navidad y Las Cuevas (Tavera, 1979; Brüggén, 1950) se encuentran ampliamente distribuidas entre los 33°00'S a 34°15'S.

En las zonas de estudio –limitadas en cuadros rojos- de este trabajo (Figuras 6 y 7), se pueden encontrar las siguientes Formaciones y Unidades descritas por Gana et al. (1996):

3.1.1. Zona de Tapihue

En la Fig. 6 se pueden observar las unidades correspondientes a esta área de estudio.

Unidad de rocas intrusivas Limache (Jlt): corresponden principalmente a tonalitas y granodioritas de anfíbola-biotita. Presentan un color gris claro, grano medio a grueso, textura hipidiomórfica granular, contenido de plagioclasa y hornblenda reemplazada por biotita. Estas son rocas de composición calcoalcalinas de K intermedio, con 58-75% de SiO₂, metaluminosas de tipo I.

Depósitos coluviales (Qc): sedimentos no consolidados, ubicados en las cabeceras de las quebradas. Comprenden principalmente depósitos gravitacionales correspondientes a flujos en masa, matriz-soportados de muy mala selección granulométrica, que pueden incluir desde bloques hasta arcillas.

Terrazas de abrasión (QTt): corresponde a una unidad morfológica de origen marino, cuya descripción no se encuentra dentro de la leyenda ampliada del mapa geológico de Valparaíso-Curacaví.

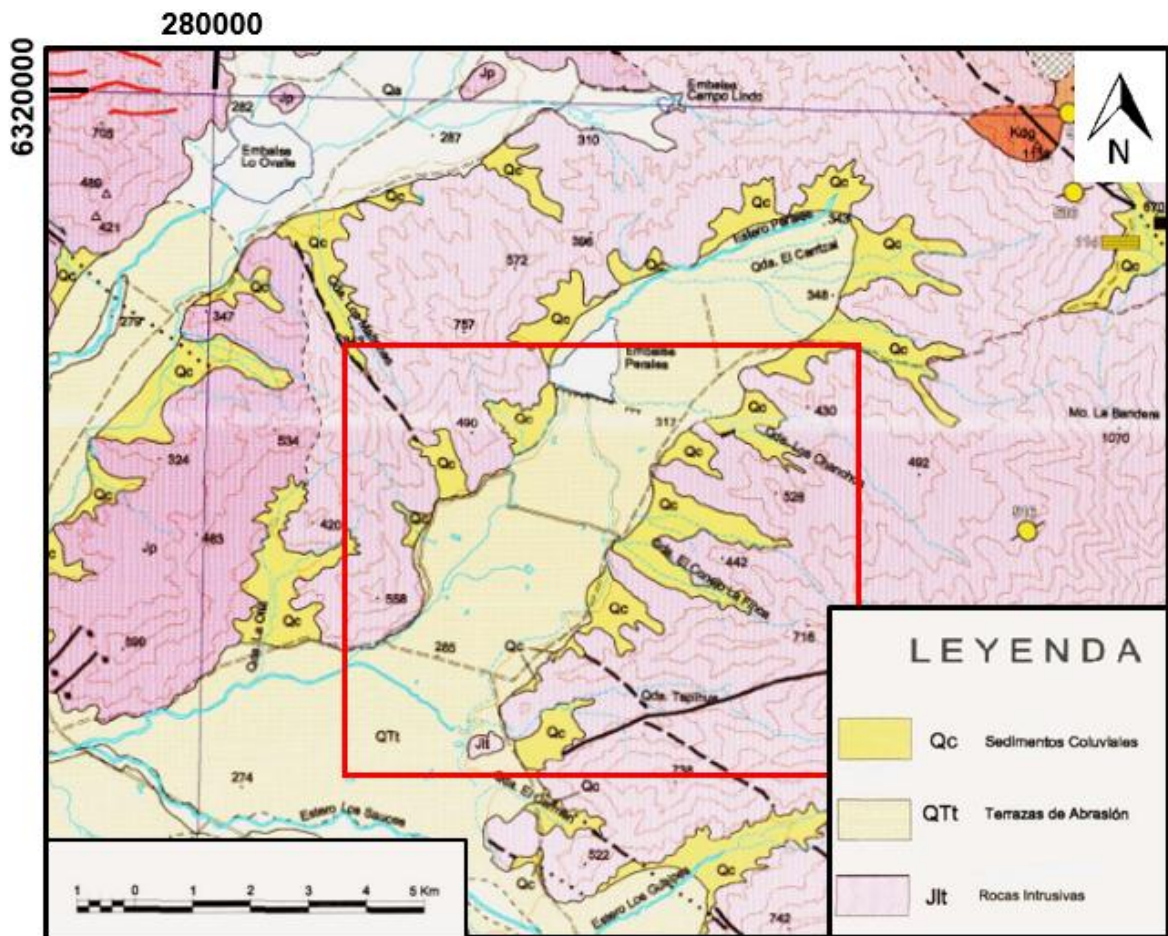


Figura 6: El mapa muestra en encerrado en el cuadro rojo la zona de estudio de Tapihue y las litologías presentes en el área (Gana et al., 1996)

Además, según Cosío (2007) los suelos pertenecientes a esta zona son del tipo Lo Vásquez, definidos por Luzio (1972), cuyas características principales son las siguientes: son suelos desarrollados in-situ a partir de materiales graníticos, poseen una textura franco arcillo arenosa, en la superficie, arcillosa en las zonas intermedias y franco arcillosa, en profundidad. Son ricos en arena gruesa y gravas, en todo el perfil. Tienen color pardo oscuro en la superficie y rojo amarillento en profundidad. El sustrato pertenece a rocas graníticas intrusivas, ricas en cuarzo y poseen un drenaje moderado lento. Las descripciones de Luzio (1972) de la Serie Lo Vásquez indican que los minerales más importantes de ésta son cuarzo, microclina y plagioclasa (en orden decreciente) y que se encuentran distribuidos de manera homogénea en todo el perfil, estando los minerales máficos escasamente representados.

Por último, Luzio (1972) concluye que los litorelictos de la Serie Lo Vásquez corresponden a un granito, lo que confirma su evolución in-situ.

3.1.2. Zona de Malvilla

En la Fig. 7 se pueden ver las Unidades pertenecientes al área de estudio de Malvilla.

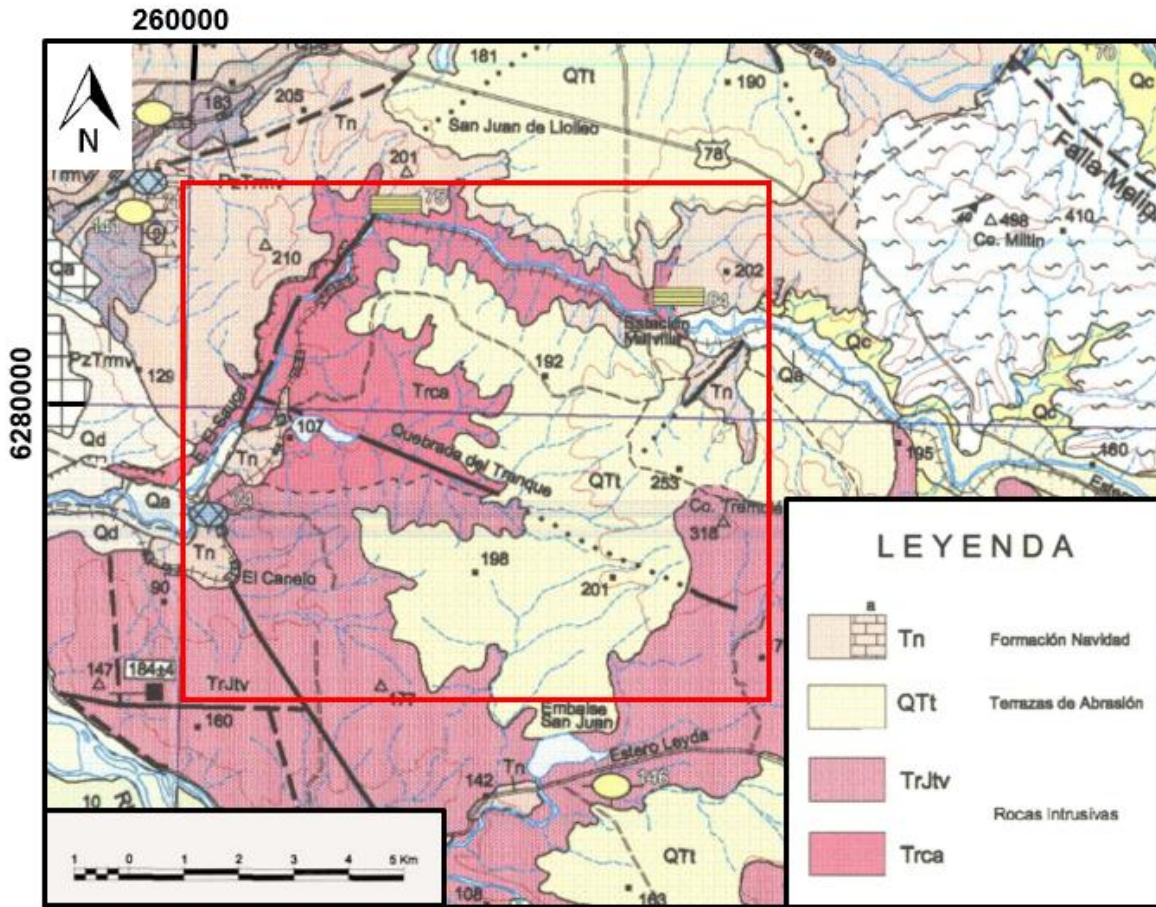


Figura 7: El cuadrado rojo encierra el área de estudio en Malvilla, y las unidades dentro de ese recuadro son las descritas por Gana et al. (1996).

Dioritas gnéicas de Cartagena (Trca): conjunto de rocas intrusivas compuesto por dioritas gnéicas, anfibolitas, dioritas y gabros parcialmente metamorizados, de color gris oscuro, de grano fino a medio y textura hipidiomórfica a alotromórfica granular. Son calcoalcalinas, metaluminosas, tipo I.

Rocas intrusivas (TrJtv): comprenden sienogranitos de biotita y monzogranitos de biotita y anfíbola. Son rocas de color gris claro, de grano medio a fino, con deformación cataclástica. Son calcoalcalinas muy diferenciadas (70-78% SiO₂), moderadamente peraluminosas, tipo I.

Formación Navidad (Tn): secuencia sedimentaria marina fosilífera, constituida por limolitas, areniscas arcillosas, areniscas de grano muy fino a muy grueso, bancos de conglomerados, areniscas muy finas grises y bancos de coquinas y calizas. Se dispone sobre granitoides paleozoicos y triásico-jurásicos y a su vez está cubierta por depósitos cuaternarios.

Depósitos coluviales (Qc): sedimentos no consolidados, ubicados en las cabeceras de las quebradas, comprenden principalmente depósitos gravitacionales correspondientes a flujos en masa, matriz-soportados de muy mala selección granulométrica, que pueden incluir desde bloques hasta arcillas.

Depósitos aluviales (Qa): sedimentos no consolidados, ubicados en zonas de llanura, comprenden principalmente depósitos fluviales con depósitos gravitacionales interdigitados, compuestos por gravas, arenas y limos.

Terrazas de abrasión (QTt): unidades morfológicas de origen marino, jurásicos, y unidades sedimentarias y volcánicas terciarias, preservadas en la zona costera, a cotas variables entre los 60 y 290 m s.n.m. Se incluyen terrazas de abrasión sin cubierta sedimentaria, terrazas con una cubierta de arenas cuarzosas posiblemente marinas y terrazas con cubierta aluvial.

Según Cosio (2007) en la zona de estudio de Malvilla se puede encontrar suelo del tipo Matanzas, definido por Luzio (1972), el cual se caracteriza por ser un suelo sedimentario en lomajes suaves a moderadamente ondulados con suelo superficial de características franco arcillo arenoso y arcilloso en profundidad, de colores pardo rojizo a lo largo de todo el perfil. Poseen un substrato de arenas graníticas ricas en cuarzo. El drenaje de estos suelos es moderado y muy profundo, sin embargo, la profundidad efectiva puede llegar a ser limitante, especialmente en las laderas expuestas a erosión.

IV. GEOMORFOLOGÍA

4.1. Tapihue

La zona de estudio se encuentra emplazada en la Cordillera de la Costa, a 30 km de la línea costera actual, en el valle Los Perales de Tapihue. Las alturas varían en la zona desde los 300 a los 700 m s.n.m., sin embargo, existen cumbres cercanas al área de estudio que alcanzan los 1000 m s.n.m. Las planicies costeras son superficies aplanadas, disectadas por numerosos valles, que presentan distintos niveles escalonados entre varios centenares de metros de altura y el nivel del mar (Núñez y Saelzer 1954; Borde, 1966; Corvalán y Álvarez, 1966).

La tercera unidad geomorfológica presente en el área son las terrazas de abrasión marina, que componen parte del valle Los Perales de Tapihue, esto debido a que en esta zona confluyen las terrazas con la depresión intermedia (Rojas, 1999). Sus sucesivos escalones pueden levantarse hasta más de 400 m s.n.m. y extenderse hasta más de 30 km tierra adentro, como resultado de una larga evolución que empezó probablemente en el Mioceno, en un borde costero afectado por una tectónica de solevantamiento (Paskoff, 1970). Como consecuencia de esto último es que se pueden observar vestigios de las terrazas marinas, las cuales han sido mapeadas por Gana et al. (1996).

El valle en la zona de estudio posee un relleno principalmente formado por materiales provenientes de las alturas circundantes, debido a los procesos de erosión, remoción de material y sedimentación.

Las plantaciones de frutales en laderas concentran la escorrentía superficial en las zonas, por ello y por la forma de alteración que introducen al suelo, es importante la variable suelo y geología, especialmente por la probabilidad de desarrollarse los denominados procesos en laderas, entendiéndose por esto, los movimientos pendiente abajo de roca, regolito y suelo, bajo la influencia directa de la gravedad.

Por otra parte, en la zona de estudio se puede observar un piedemonte clásico, generado por algunos abanicos aluviales, que rellenan parte de los valles secundarios, generados a partir de las montañas circundantes. Estos poseen un relieve con una leve pendiente.

Como se observa en la Fig. 8, las pendientes de esta zona varían entre 0 y 50° (0 – 119,2%). La mayoría del área de estudio posee pendientes entre 0 y 10° (0 – 17,63%) pertenecientes al valle principal de Los Perales de Tapihue y a la zona de piedemonte y son los sectores en los que se encuentran la mayoría de plantaciones de vid.

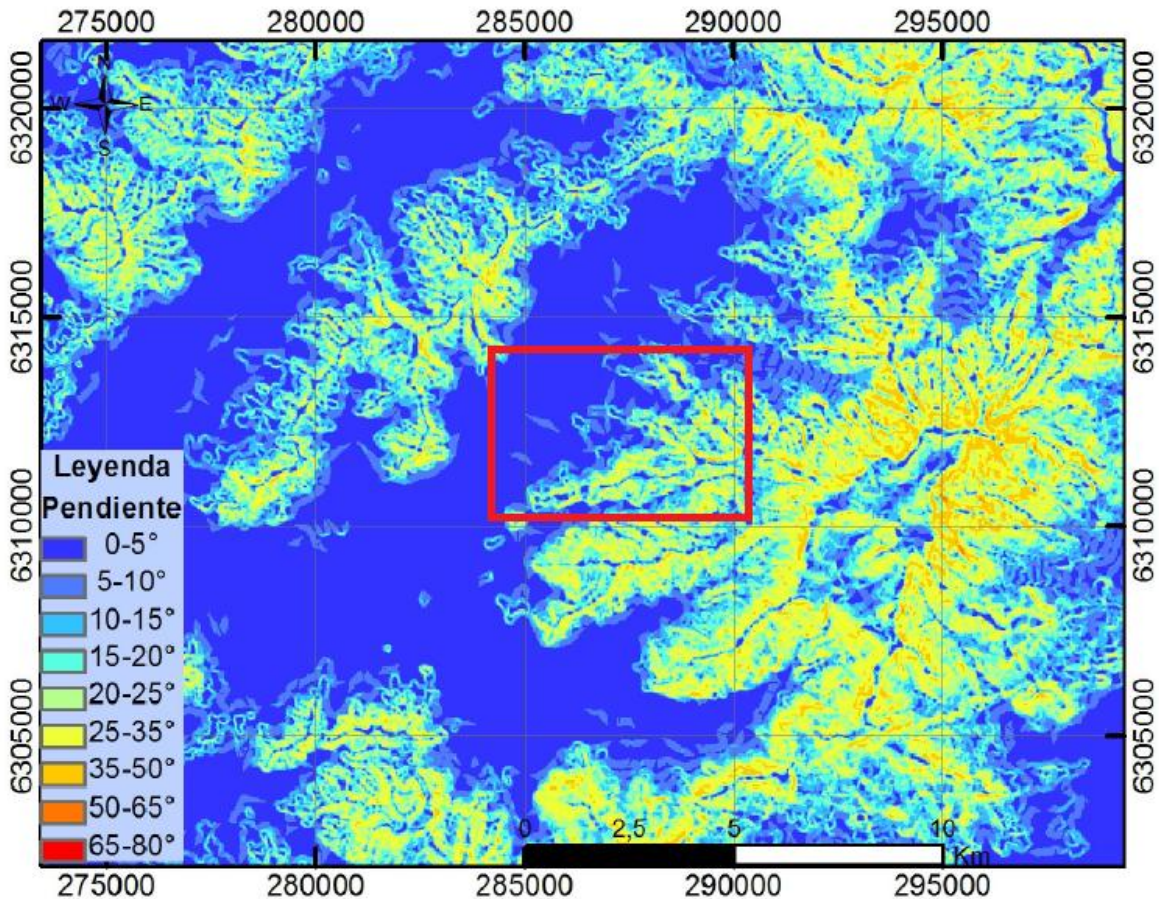


Figura 8: Pendientes del área de Tapihue. Se muestran las pendientes de la zona, encerrada en el cuadro rojo.

Es importante mencionar que los cultivos en esta área de estudio se encuentran prácticamente en el nivel base de la zona, punto topográfico más bajo del sector, (aproximadamente 300 m s.n.m.). Esto genera que se vaya depositando material de los sectores altos circundantes, y además modifica el nivel freático, pudiendo generar erosión y deslizamiento en zonas de vertientes y una mayor entrega de agua a la zona.

4.2. Malvilla

La zona de estudio de encuentra ubicada en una terraza de abrasión marina (Gana et al., 1996). Las terrazas de abrasión marina se forman en las zonas en que la marea fluctúa. En general, son superficies planas debido a la acción de la abrasión generada por el mar, es decir, por el oleaje y los materiales que se transportan debido a esto.

La preservación de una terraza de abrasión marina depende de los posibles cambios eustáticos en el nivel del mar, de movimientos tectónicos verticales y la erosión que podría afectarla posterior a su formación. Un cambio eustático del nivel marino

afecta a una terraza marina preservándola en el caso de una regresión o destruyéndola en el caso de una transgresión. Además, posterior a su emersión, las terrazas son afectadas por los agentes de erosión y meteorización que producen su degradación e incisión (Rodríguez, 2008).

Según lo observado en terreno, esta degradación e incisión se genera desde la línea de costa hacia el Oeste, por el estero El Sauce y algunas de sus quebradas aledañas. De las imágenes analizadas se ve que el ensanchamiento del estero es mayor hacia la línea de costa (Fig. 9) y se observan canales de segundo orden colgados. Esto se puede relacionar con los alzamientos posteriores a los 2,7 Ma (Farías, 2007; Rodríguez, 2008). Esto habría generado la activación de los procesos erosivos de las vertientes hacia los *talwegs*, incrementando también la capacidad de incisión de estos, producto del cambio del nivel de base, generando las gargantas epigénicas.



Figura 9: En la imagen se observa el ensanchamiento hacia la línea de costa del Estero El Sauce. Imagen modificada de Google Earth.

Los diferentes niveles de terrazas marinas corresponden a las máximas transgresiones de mar hacia el continente, producto del descongelamiento de los glaciares a nivel planetario. Sin embargo las alturas actuales de estas terrazas marinas, se deben al sollevamiento neo – tectónico (Araya – Vergara 2000; Paskoff, 2000). En la zona de estudio se observa que las alturas varían desde los 40 m en las zonas más

profundas de la quebrada El Sauce, hasta los 200 m s.n.m en la zona de la terraza marina más elevada. Estos valores se pueden correlacionar con los estudiados por Rodríguez (2008), en los que se asigna la presencia de un tercer nivel de terrazas marinas (T3) como se observa en la Fig. 10.

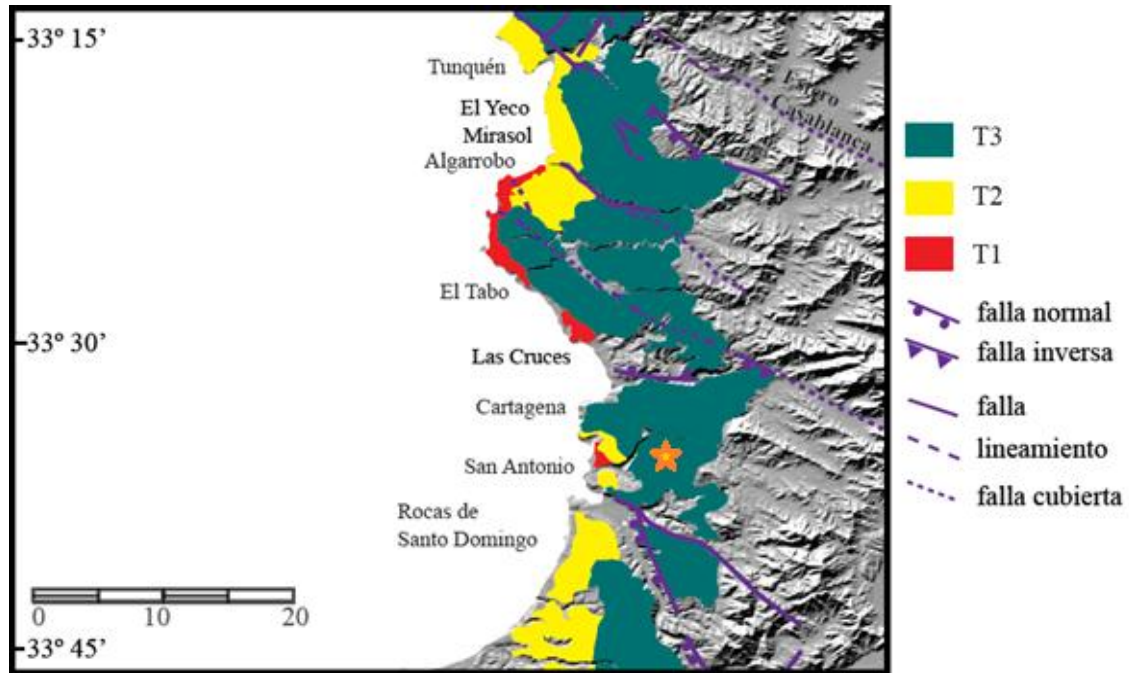


Figura 10: Niveles de terrazas marinas. La zona de estudio se encuentra ubicada en T3. Imagen modificada de Rodríguez (2008). La estrella naranja indica el área donde está ubicado el presente estudio.

Como se observa en la Fig. 11 la zona de estudio de Malvilla posee pendientes que varían principalmente entre los 0 – 25° (0 – 46,63%), con algunas excepciones en las quebradas más profundas ubicadas al Oeste del área de estudio, en las que se alcanza 50° de pendiente (119,2%).

Las menores pendientes mencionadas anteriormente corresponden a la zona de terraza marina y es en esta zona en la que se encuentran los cultivos.

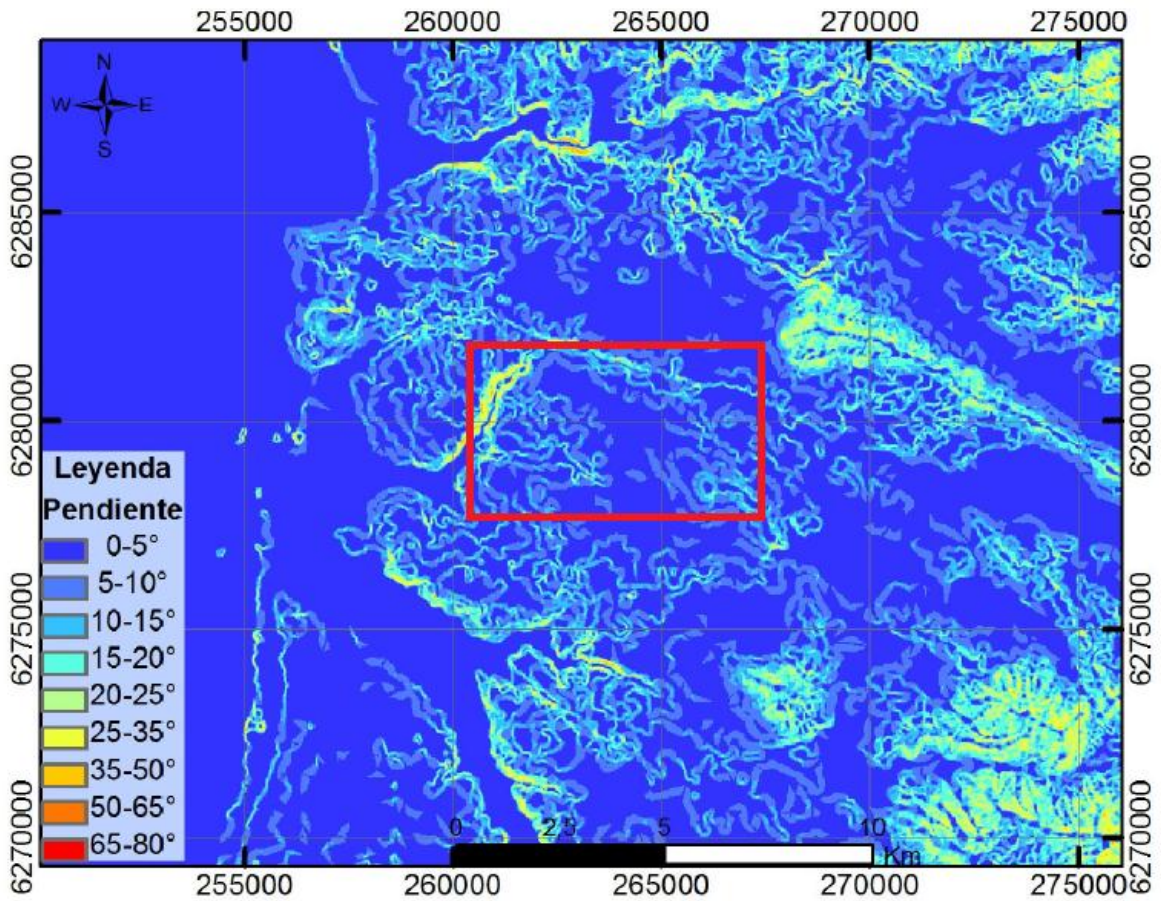


Figura 11: Mapa de pendientes de la zona de Malvilla. El área de estudio se encuentra encerrada en el cuadro rojo.

Los cultivos en esta zona se encuentran sobre el nivel base, el cual está aproximadamente a 30 m s.n.m., y las plantaciones se ubican en torno a los 200 m s.n.m. Además, el área se encuentra en un interfluvio, lo que genera que el material se erosione y transporte hacia las zonas más bajas. El nivel freático también se modifica, lo que favorecería un mayor escape de cationes y agua hacia los cursos de agua aledaños.

V. UNIDADES GEOLÓGICAS

Las unidades descritas a continuación fueron definidas según los datos de observaciones y las muestras obtenidas por el equipo de trabajo en terreno, por lo que los nombres también fueron asignados por el equipo para distinguir entre las diferentes litologías y suelos hallados.

5.1. Tapihue

La zona de Tapihue está conformada por unidades litológicas y de suelos, las cuales se describen a continuación.

5.1.1. Roca

De los mapeos se desprende que se tienen dos unidades, principalmente de carácter ígneo. Contreras (en preparación) describe las unidades litológicas de esta zona como:

Unidad Los Perales

Unidad conformada por dos subunidades: Granodioritas Jlt(a) y Tonalitas Jlt(b). Correlacionada con los granitoides del Jurásico Medio – Superior (180 – 142 Ma) de La Carta Geológica de Chile (Mapa geológico del área de Valparaíso – Curacaví, Gana et al., 1996) que se dispone en la Cordillera de la Costa en la zona de estudio. Químicamente esta unidad se caracteriza por contenidos de sílice desde 63 a 68%.

Granodioritas (Jlt(a))

Cuerpo intrusivo granodiorítico cercano a la localidad Los Perales de Tapihue en el extremo NE del área de estudio. Las rocas se observan con leve a intensa alteración en los afloramientos. Petrográficamente está formada por granodioritas de biotita y granodioritas de biotita y hornblenda (muestras VR-5b, VR-4a, Fig. 12). Están caracterizadas por una textura hipidiomórfica granular de grano medio a grueso con tamaños desde 0,5 a 9 mm de diámetro. Los minerales formadores de roca corresponden a cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, hornblenda y biotita. Se reconocen cristales bien formados de plagioclasa con leve alteración a arcilla y sericita. El cuarzo se observa sin alteración. Los cristales de gran tamaño de feldespato alcalino presentan formas subhedrales. Las biotitas y hornblendas se ven subhedrales con leve alteración a clorita.



Figura 12: Muestras VR-4a y VR-5b. En la fotografía de la izquierda se observa la muestra VR-4a y la de la derecha la muestra de roca VR-5b.

Tonalitas (Jlt(b))

Cuerpo intrusivo tonalítico correspondiente a una subunidad de la Unidad Los Perales y es el cuerpo de mayor extensión en el área de estudio. De los afloramientos observados en terreno, la mayoría de las rocas de esta unidad se exhiben intensamente alteradas y sólo algunas con leve alteración. Petrográficamente se encuentra caracterizada por tonalitas de biotita y hornblenda (muestras VR-1b, VQ-4b, ver Fig. 13) y tonalitas de biotita (muestras VR-3b, VR-6a ver Fig. 14) de grano medio con variaciones en algunas muestras de grueso a fino con tamaños promedio de 0,5 a 4 mm. La textura principal es hipidiomórfica. Los minerales con mayor presencia porcentual corresponden a cuarzo, plagioclasa, biotita, hornblenda, y en menor proporción feldespato alcalino. En forma generalizada los cristales de cuarzo y feldespato alcalino tienen formas anhedrales, en tanto las plagioclasas están bien formadas con moderada a intensa alteración a arcillas. Las biotitas poseen hábito micáceo y los cristales de hornblenda están bien formados, ambos minerales se encuentran alterados a clorita – epidota.



Figura 13: Muestras de mano correspondientes a tonalitas de biotita y hornblenda. A la izquierda se observa la muestra VR-1b y a la derecha la muestra VQ-4b.



Figura 14: Muestras de mano correspondientes a tonalitas de biotita. A la izquierda se observa la muestra VR-3b y a la derecha la muestra VR-6a.

Diques Aplíticos (Jsap)

Esta unidad se atribuye a una roca ígnea hipabisal, correspondiente a diques de menor extensión en este sector de estudio (Fig. 15). Éstos afloran en algunos cerros del Portezuelo Chaparero (ver Mapa fuera de texto 1).

Petrográficamente corresponden a una aplita de turmalina caracterizada por un tamaño de grano de medio a fino desde 0,3 a 5 mm de diámetro con una textura halotromórfica granular.

Los minerales con mayor presencia porcentual en la roca son cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y turmalina. Es frecuente en esta unidad observar minerales con baja cristalinidad, es decir, anhedrales a subhedrales. Las rocas presentan alteración moderada a arcillas, leve a sericita, y escasa a epidota en algunos cristales de plagioclasa.



Figura 15: Muestra de mano correspondiente a la aplita de turmalina.

5.1.2. Suelo

Depósitos aluviales (Qa)

Están formados por sedimentos no consolidados ubicados en las zonas de llanura, ocupan la principal zona del valle de Casablanca. Están compuestos principalmente por limos y arcillas (11-16%), arena fina (20-22%), arena media (50-61%), arena gruesa (2-5%) y gravas (~1%). Se presentan generalmente secos y duros con abundante materia orgánica (raíces). Se puede observar una imagen representativa en la Fig. 16.



Figura 16: Depósitos aluviales en el valle Los Perales de Tapihue. Estos depósitos cubren la mayor parte de este valle en las zonas de llanura.

Depósitos fluviales (Qfs)

Sedimentos no consolidados de cursos fluviales abandonados y quebradas. Los clastos varían de sub-angulosos a redondeados y sus tamaños varían desde 5 a 100 cm. Además se observa en ellos la presencia de finos desde tamaño limo/arcilla a grava. Son depósitos en su mayoría monomícticos, con clastos de las unidades geológicas aledañas. Esto se puede observar en la Fig. 17.



Figura 17: Quebrada con flujos esporádicos. En la fotografía se observa una quebrada en la que se pueden encontrar cursos fluviales esporádicos.

Depósitos fluviales antiguos (Qfa)

Sedimentos semi-consolidados a consolidados que forman terrazas entre 2 y 15 m sobre el nivel fluvial actual. Están compuestos por limos, arenas y gravas. Se encuentran restringidos a la quebrada La Retoma (ver Mapa fuera de texto 1). Estos se pueden observar en la Fig. 18.



Figura 18: Depósitos fluviales antiguos en la quebrada La Retoma. Estos están indicados de la línea punteada roja hacia abajo.

Depósitos coluviales (Qc)

Sedimentos no consolidados, ubicados en las cabeceras de las quebradas y las laderas de algunos cerros. Comprenden principalmente a depósitos gravitacionales, de mala selección, con clastos angulosos y polimícticos que varían desde 2 a 30 cm (Fig. 19). Los porcentajes -obtenidos en los tamizajes realizados- de limos y arcillas varían en torno al 6%, la arena fina cercana al 18%, la arena media 49%, la arena gruesa 6% y la grava cerca del 20%.



Figura 19: Depósitos coluviales. En la fotografía se observan los depósitos coluviales, en los que se pueden distinguir clastos angulosos.

5.2. Malvilla

5.2.1. Roca

En la zona de Malvilla es posible reconocer tres unidades de carácter ígneo, metamórfico y sedimentario. Contreras (en preparación), describe las unidades litológicas de esta zona como:

Unidad San Antonio (TrJg)

Unidad conformada por tres subunidades cuyas litologías corresponden a ortogneiss, tonalitas y un pórfido tonalítico. A nivel regional se correlaciona con la unidad de granitoides de edad Triásico – Jurásico (212 – 180 Ma) que afloran en la V Región de Chile (Gana et al., 1996). Químicamente esta unidad se caracteriza por alto contenido en sílice, con valores que van desde 60 a 75%.

Ortogneiss (TrJg(a))

Subunidad compuesta por rocas metamórficas que afloran en gran parte de la zona de estudio, reconocidas en los bordes de la línea del tren entre Malvilla y San Antonio. En este lugar se observan rocas con leve a moderada alteración. Petrográficamente están caracterizadas por rocas tipo ortogneiss tonalítico de biotita (muestra CR-7a) y

ortogneiss de biotita rico en cuarzo (muestra CR-1a) de grano fino a grueso (Fig. 20), con tamaños que van desde 0,3 a 5 mm de diámetro. Se identifica una textura bandeada con franjas de minerales máficos (biotita y hornblenda) y minerales félsicos (cuarzo, plagioclasa). Las rocas poseen cuarzo, plagioclasa, biotita y muscovita como minerales primarios con una moderada a intensa alteración a arcillas y moderada a sericita.

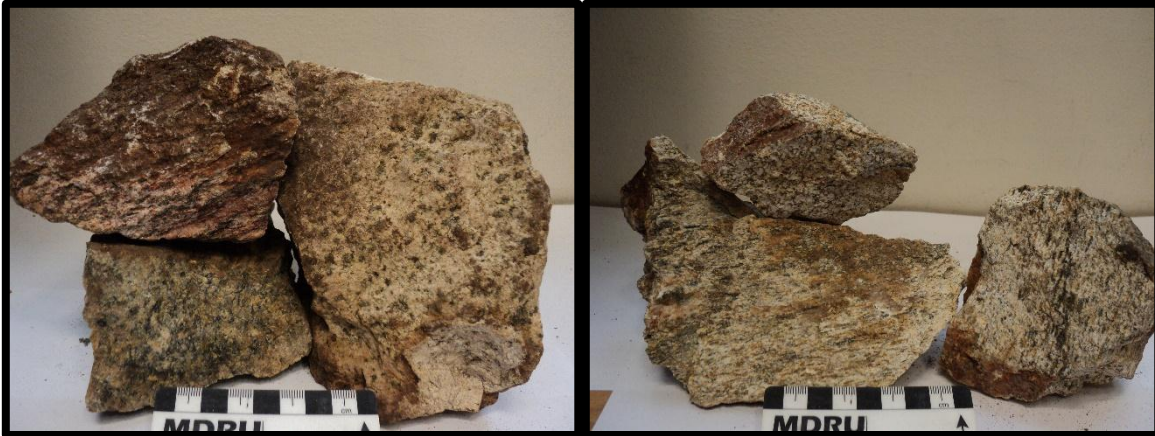


Figura 20: Muestras CR-1a y CR-7a. En la fotografía de la izquierda se observa la muestra de mano CR-1a correspondiente a un ortogneis de biotita rico en cuarzo, mientras que a la derecha se ve la muestra de mano CR-7a que corresponde a un ortogneis tonalítico de biotita.

Tonalitas (TrJg(b))

Subunidad integrada por un cuerpo tonalítico bandeado. Los afloramientos fueron reconocidos en los bordes de la línea del tren entre Malvilla y San Antonio (ver Mapa fuera de texto 2), las muestras obtenidas poseen una leve alteración. Petrográficamente es identificada como tonalita bandeada de biotita (muestra CR-6b1) y tonalita bandeada de hornblenda y biotita (muestra CR-9b), estos se puede observar en la Fig. 21. Las rocas exhiben una textura hipidiomórfica de grano medio moderadamente bandeada. Posee plagioclasa, cuarzo, hornblenda y biotita como minerales primarios. Los cristales de plagioclasa, biotita y hornblenda son subhedrales, los cristales de cuarzo son anhedrales con formas subredondeadas y sin alteración. La alteración a arcilla es en general leve en la roca, presentando otros minerales de alteración como sericita y epidota.



Figura 21: Muestras CR-6b y CR-9b. A la izquierda se observa la muestra de mano CR-6b correspondiente a una tonalita bandeada de biotita, mientras que a la derecha se ve la muestra de mano CR-9b que corresponde a una tonalita bandeada de hornblenda y biotita.

Pórfido Tonalítico (TrJg(c))

Cuerpo muy restringido en el área de estudio, por lo que a la escala de este trabajo no es mapeable. Reconocida sólo en un afloramiento en donde se observaron rocas levemente alteradas. Se obtuvo la muestra CR-11b (Fig. 22) definida petrográficamente como pórfido tonalítico de biotita con una textura porfídica con masa fundamental alotromórfica granular de grano medio. Destacan fenocristales de plagioclasa y biotita. La masa fundamental de la roca está formada por plagioclasa, cuarzo y biotita. Se detecta una intensa silicificación de la roca en la masa fundamental, así como alteración leve a sericita y arcilla.



Figura 22: Muestra de mano CR-11b. Corresponde a un pórfido tonalítico de biotita.

Dioritas (Trd)

Cuerpo intrusivo de amplia extensión en el área de estudio descrito petrográficamente como diorita cuarcífera metamorfozada de hornblenda (muestra CR-1b) y diorita metamorfozada de biotita y hornblenda (muestra CR-3a), estas se pueden observar en la Fig. 23. Poseen textura hipidiomórfica granular de grano medio a grueso con cristales desde 0,5 a 5mm de diámetro. Los minerales primarios corresponden a plagioclasa, biotita, hornblenda y cuarzo y se encuentran bien desarrollados con formas subhedrales a euhedrales. La alteración general de la unidad es moderada a intensa a arcillas y moderada a clorita. Esta unidad se correlaciona con las Dioritas gnéissicas de Cartagena (Trca) asignadas al Triásico superior (213 a 214 Ma) mediante dataciones de U-Pb en zircones según Gana et al. (1996).



Figura 23: Muestras CR-1b y CR-3a. A la derecha se observa la muestra de mano CR-1b que corresponde a una diorita cuarcífera metamorfozada de hornblenda, mientras que a la izquierda se ve la muestra de mano CR-3a correspondiente a una diorita metamorfozada de biotita y hornblenda.

Secuencia sedimentaria Malvilla (Msm)

Secuencia sedimentaria marina-fosilífera medianamente consolidada compuesta por areniscas de grano muy fino a muy grueso, bancos de conglomerados y coquinas. Se reconocen dos subunidades principales, la primera corresponde a areniscas gruesas y coquinas. La segunda se describe como areniscas y conglomerados, con gradaciones normales e inversas e imbricación de clastos en algunos niveles conglomerádicos.

Esta secuencia se puede correlacionar con algunos miembros de la Formación Navidad, la cual se encuentra asignada al Mioceno – Plioceno según Gana et al. (1996). La subunidad de coquinas y areniscas (muestra CS-4a) se caracteriza químicamente por un bajo contenido de SiO_2 (17,6%), un muy alto valor en CaO (41%) y prominentes concentraciones de C total (8,8%) y S total (0,06%).

5.2.2. Suelo

Depósitos fluviales (Qf)

Sedimentos no consolidados de cursos fluviales activos y abandonados. Para los primeros, predominan las facies de relleno de canal, constituidos por gravas clasto-soportadas de bolones redondeados. Ambos poseen gravas, arenas y limos. Esto se puede observar en la Fig. 24.



Figura 24: Depósitos coluviales. En la imagen se pueden observar depósitos coluviales de cursos esporádicos presentes en algunas quebradas de la zona de Malvilla.

Secuencia sedimentaria Malvilla (Msm)

Secuencia sedimentaria marina-fosilífera, medianamente consolidada, compuesta por limolitas, areniscas de grano muy fino a muy grueso, bancos de conglomerados y de coquinas y calizas (Fig. 25). Se describe esta secuencia para areniscas gruesas y coquinas, y se observan algunos lentes en los estratos de coquinas. Se describe esta secuencia para areniscas y conglomerados, se observan como secuencia sedimentaria, con gradaciones normales e inversas, e imbricación de clastos en algunos niveles conglomerádicos.



Figura 25: Banco de coquinas con areniscas, entre líneas punteadas rojas, pertenecientes posiblemente a la Formación Navidad.

VI. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A continuación se presentan los datos obtenidos en los tamizajes realizados a las muestras de suelo de ambas zonas de estudio.

6.1. Tapihue

Los tamizajes realizados a las muestras VS-3a, VS-4a, VS-6a, VS-7a, VS-8a, indican lo siguiente:

Tabla 3: Resumen de los tamizajes de las muestras de Tapihue.

	% <200	% 200	% 60	% 40	% 10	% 4	% 3/8"
VS-3A	5,62%	9,34%	7,53%	33,13%	16,09%	6,25%	22,04%
VS-4A	7,65%	10,79%	8,49%	35,14%	18,49%	5,78%	13,66%
VS-6A	10,87%	12,03%	9,35%	43,20%	18,32%	5,10%	1,14%
VS-7A	11,80%	22,30%	10,17%	39,51%	12,85%	2,60%	0,76%
VS-8A	16,45%	19,63%	9,63%	33,11%	16,45%	4,73%	0,00%

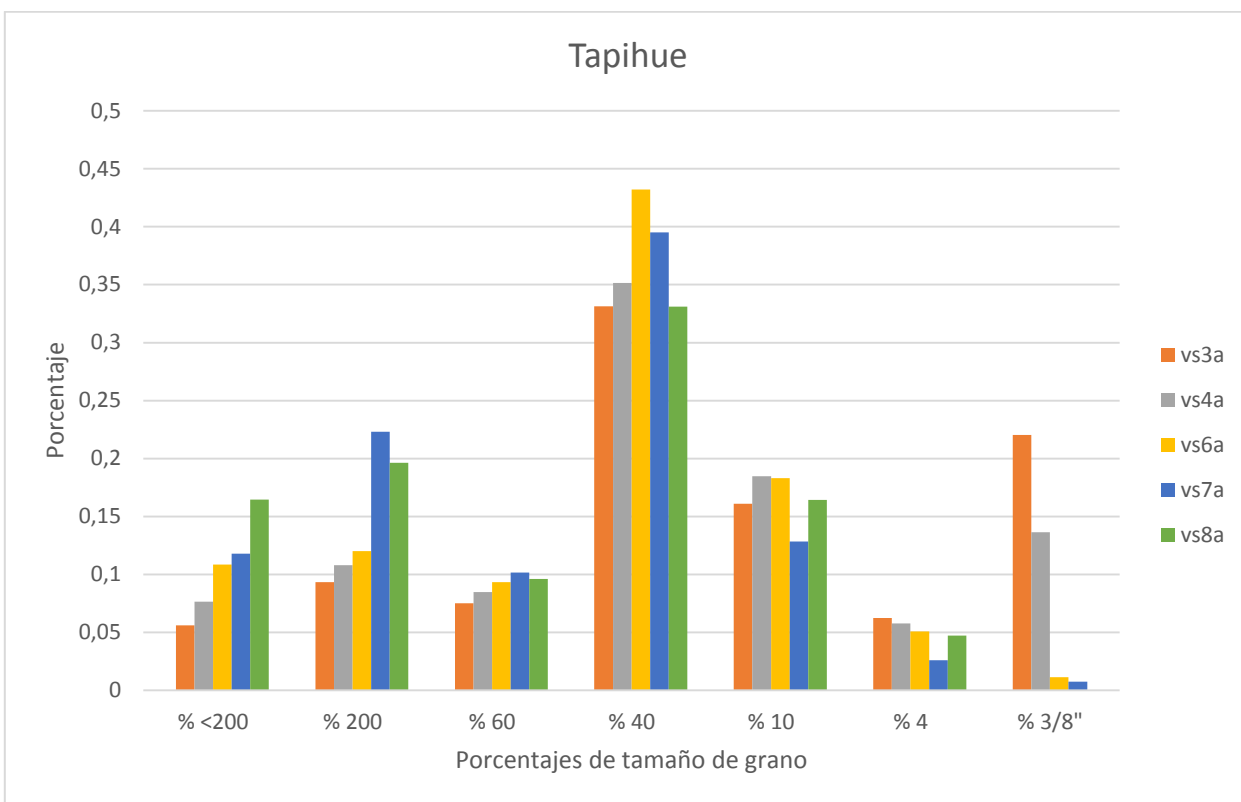


Figura 26: Granulometría de las muestras de suelo de la zona de Tapihue.

Como se puede observaren la Fig. 26, la muestra VS-3a posee cerca de un 6% de material con tamaño limo/arcilla, cerca de un 18% de partículas con tamaño de arena fina, un 49% de material con tamaño arena media, 6% de arena gruesa y 22% de grava. Presenta tonos café – naranja, en terreno se encuentra bien compactada con clastos angulosos polimícticos.

La muestra VS-4a, tiene alrededor de un 8% de material tamaño limo/arcilla, 19% de partículas tamaño arena fina, 53% de arena media, 5% de arena gruesa y 14% de grava. Presenta tonos café claro, en terreno se encuentra como un suelo muy duro, con niveles clásticos angulosos en la zona inferior.

La muestra VS-6a, posee un 11% de limo/arcilla, 21% de material con tamaño arena fina, 61% de partículas tamaño arena media, 5% de arena gruesa y 1% de gravas. El color del suelo es café claro, se encuentra seco y muy duro.

Se puede ver que la muestra VS-7a, posee 12% de limo/arcilla, 22% de arena fina, 52% de arena media, 3% de arena gruesa y menos de 1% de grava. El suelo se encuentra dentro de la zona de la viña, entre las filas de parras. Es un suelo húmedo, debido al riego constante que tienen los árboles. Además es blando y en este se pueden observar horizontes del suelo.

Por último, la muestra VS-8a, posee un 16% de limo/arcilla, 28% de arena fina, 49% de arena media, 5% de arena gruesa. No posee material con tamaño de grava. Este suelo posee características similares a la muestra VS-6A.

Los suelos analizados en esta zona presentan variaciones de grava entre un 1 – 22%, lo que los clasificaría, a los con menos de un 10% de gravas (VS-6a, VS-7a, VS-8a) dentro de la categoría de suelos sin pedregosidad, mientras que los que poseen entre un 10 – 20% (VS-4a) se consideran con pedregosidad ligera y los que tienen 20 – 40% (VS-3a) de gravas como pedregosidad moderada según el Servicio Agrícola Ganadero de Chile, SAG (2011). El grado de pedregosidad indicará en primer orden a qué clase de capacidad de uso de suelo corresponden (Tabla 4).

Tabla 4: Clasificación de la pedregosidad de suelos, (SAG, 2001).

P1	Ligera	No interfiere las labores agrícolas, pero sí rebaja la aptitud del suelo. Pedregosidad entre 5-15% (gravas entre 10 y 20%) Clases II – III de Capacidad de Uso.
P2	Moderada	Constituye una limitante preferentemente para cultivos encardados o aquellos que se riegan por surcos. Pedregosidad entre 15 y 35% (gravas entre 20 y 40%) Clases III – IV de Capacidad de Uso.
P3	Abundante	Constituye una seria limitante para cultivos en general y para el riego por surcos. Pedregosidad entre 30 y 50% (gravas entre 40 y 85%). Clases VI – VII de Capacidad de Uso.
P4	Terrenos pedregosos	Constituye generalmente un misceláneo de suelos. Además puede haber clastos de mayor tamaño. Pedregosidad más de 50% Clases VII – VIII de Capacidad de Uso.
Las clases P3 y P4 pueden incluir clastos mayores de 15 cm. de diámetro.		

Esto permite determinar como primera aproximación las limitaciones que poseen los suelos y qué medidas y precauciones se deben tomar en éstos al momento de realizar los cultivos y mantenerlos en el tiempo.

6.2. Malvilla

Los tamizajes realizados a las muestras CS-1A, CS-2A, CS-12A, indican lo siguiente (Tabla 5):

Tabla 5: Porcentajes de cada tamaño de granulometría perteneciente a las muestras de suelo analizadas.

	% <200	% 200	% 60	% 40	% 10	% 4	% 3/8"
CS-1A	7,09%	17,85%	10,91%	36,22%	22,12%	5,81%	0,00%
CS-2A	11,38%	22,71%	9,83%	32,14%	19,65%	3,86%	0,44%
CS-12A	8,04%	21,90%	9,82%	25,59%	19,37%	10,45%	4,83%

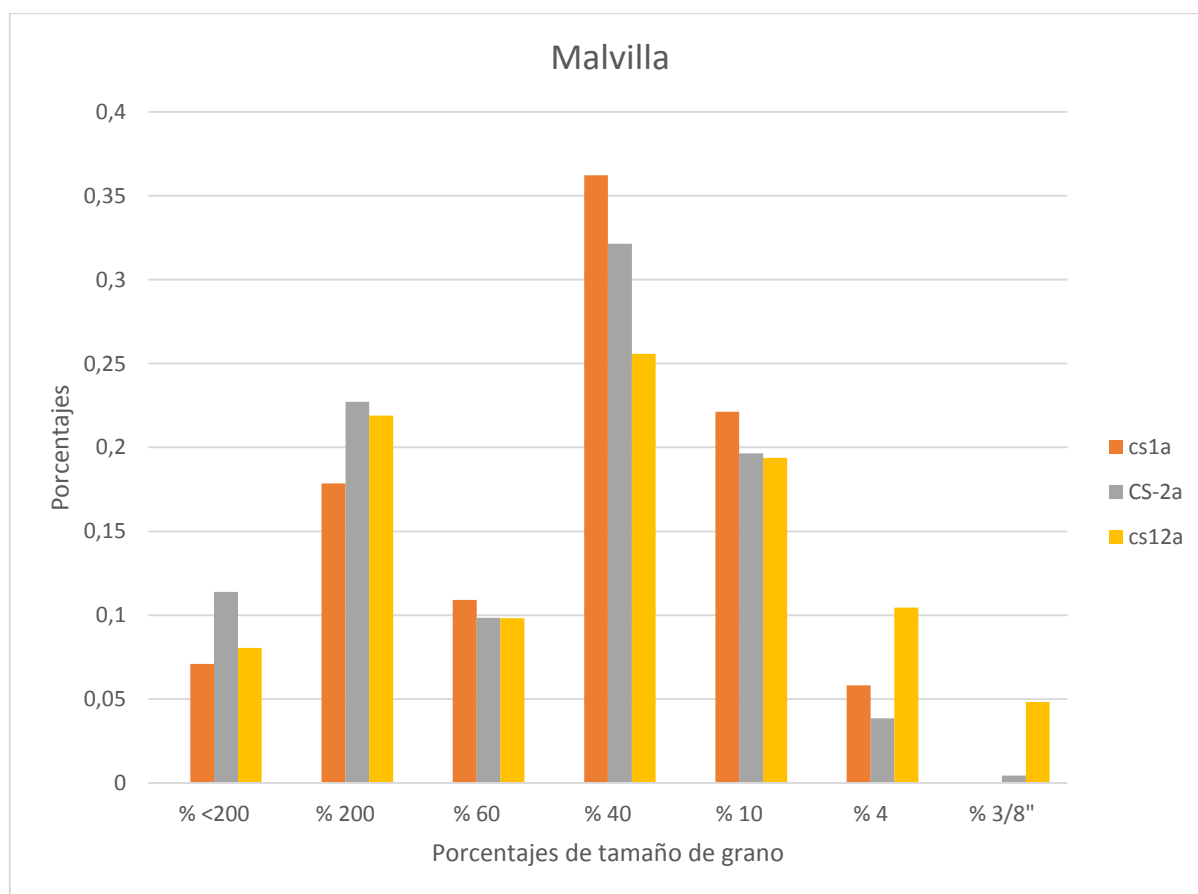


Figura 27: Granulometría de la zona de Malvilla

Como se puede observar en la Fig. 27, la muestra de suelo CS-1A posee cerca de un 7% de material tamaño limo/arcilla, 28% de partículas con tamaño de arena fina, 48% con tamaño arena media, 6% de tamaño arena gruesa. El suelo es de color café oscuro, presenta humedad leve y es relativamente duro. Los terrones del suelo se desarman al apretarlos suavemente con la mano.

La muestra CS-2A, tiene un 11% de partículas con tamaño limo/arcilla, 32% de material tamaño arena fina, 52% de arena media, 4% de arena gruesa y 1% de gravas. Esta muestra se toma entre las filas de parra. Es un suelo húmedo, propio del riego que sufren los árboles. Posee color café claro.

Por último, la muestra CS-12A, está compuesta por un 8% de material tamaño limo/arcilla, 31% de arena fina, 45% de arena gruesa, 10% de arena gruesa y un 5% de gravas. Es un suelo de color pardo oscuro, con raíces y blando.

Los suelos analizados de la zona de Malvilla poseen todos menos de un 5% de tamaño grava ($3/8''$ de malla), lo que según la clasificación de suelos del SAG (2001) (Tabla 4) corresponderían a suelos sin pedregosidad.

A modo de resumen, la pedregosidad de las muestras de ambas zonas de estudio, se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Pedregosidad. La tabla muestra un resumen de la pedregosidad de las muestras analizadas en cada zona de estudio.

Pedregosidad	Muestras	Clase de capacidad de uso
Sin pedregosidad	CS-1a / CS-2a / CS-12a / VS-6a / VS-7a / VS-8a	-
P1 – Ligera	VS-4a	II – III
P2 - Moderada	VS-3a	III - IV

Según SAG (2001), la capacidad de uso de suelo de Clase II hace referencia a suelos que presentan ligeras limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos o moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, y presentan texturas favorables.

Por otro lado la capacidad de uso de suelo de Clase III está definida porque presentan limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada lo que dificulta severamente el regadío; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida.

Por último, la Clase IV presenta severas limitaciones de uso y restringe la elección de cultivos. Estos suelos pueden ser cultivados, pero requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de la Clase III.

VII. DISCUSIONES

A continuación se presentan, a modo de discusión, semejanzas y diferencias existentes en ambas zonas de estudio sobre los temas descritos en los resultados, pretendiendo distinguir si existe alguna correlación entre ellos.

Rasgos morfológicos predominantes: Piedemonte (Tapihue) y terrazas marinas (Malvilla)

En la zona de Tapihue es posible observar rasgos geomorfológicos típicos de piedemonte clásico (Fig. 28), es decir, llanuras generadas a los pies de un macizo rocoso montañoso debido a la acción de los abanicos aluviales y coluviales, con la presencia de remanentes de terrazas marinas en el valle Los Perales, a su vez mezclados con sedimentos aluviales, fluviales y coluviales provenientes de las quebradas aledañas al valle.

Según Cosio et al. (2007), en la zona de Tapihue se puede encontrar un suelo de tipo Lo Vásquez, el cual se encuentra en los lomajes y cerros del cordón granítico de la Cordillera de la Costa. Estos suelos están desarrollados in-situ o con un escaso nivel de transporte por escorrentías superficiales, a partir de materiales graníticos, presentando además una textura franco arcillo arenosa en la superficie, arcillosa en los estratos intermedios y franco arcillosa en profundidad. Se caracterizan además por ser ricos en arena gruesa y gravas en todo el perfil, mostrando un color marrón en la superficie y rojo amarillento, en profundidad. Están generados sobre un sustrato de roca granítica intrusiva, rica en cuarzo con un drenaje moderado lento.



Figura 28: Vista panorámica del área de estudio en Tapihue. Se observa un piedemonte clásico en la imagen.

Por otro lado, la zona de estudio en Malvilla se encuentra ubicada en una terraza marina, atribuida por Rodríguez (2008) a un tercer nivel de terrazas generadas

posteriormente a los 2,7 Ma (Rodríguez, 2008) (Fig. 29), el que está comprendido entre los 150 y los 200 m s.n.m. Las terrazas de este nivel son de características arcillosas o franco arcillosas y han sido el resultado de la abrasión marina que ha actuado directamente sobre rocas graníticas y metamórficas (Silva, 1991).

Según Cosío et al. (2007), Malvilla posee un suelo del tipo Matanzas y se caracteriza por ser un suelo sedimentario ubicado en lomajes suaves a moderadamente ondulados, con suelo superficial franco arcillo arenoso y arcilloso, en profundidad, de colores pardo rojizo, en todo el perfil. El substrato consiste en arenas graníticas ricas en cuarzo, con drenaje moderado, muy profundo.

La profundidad efectiva del suelo en esta zona puede llegar a ser una limitante para los cultivos, especialmente en las laderas expuestas a erosión.

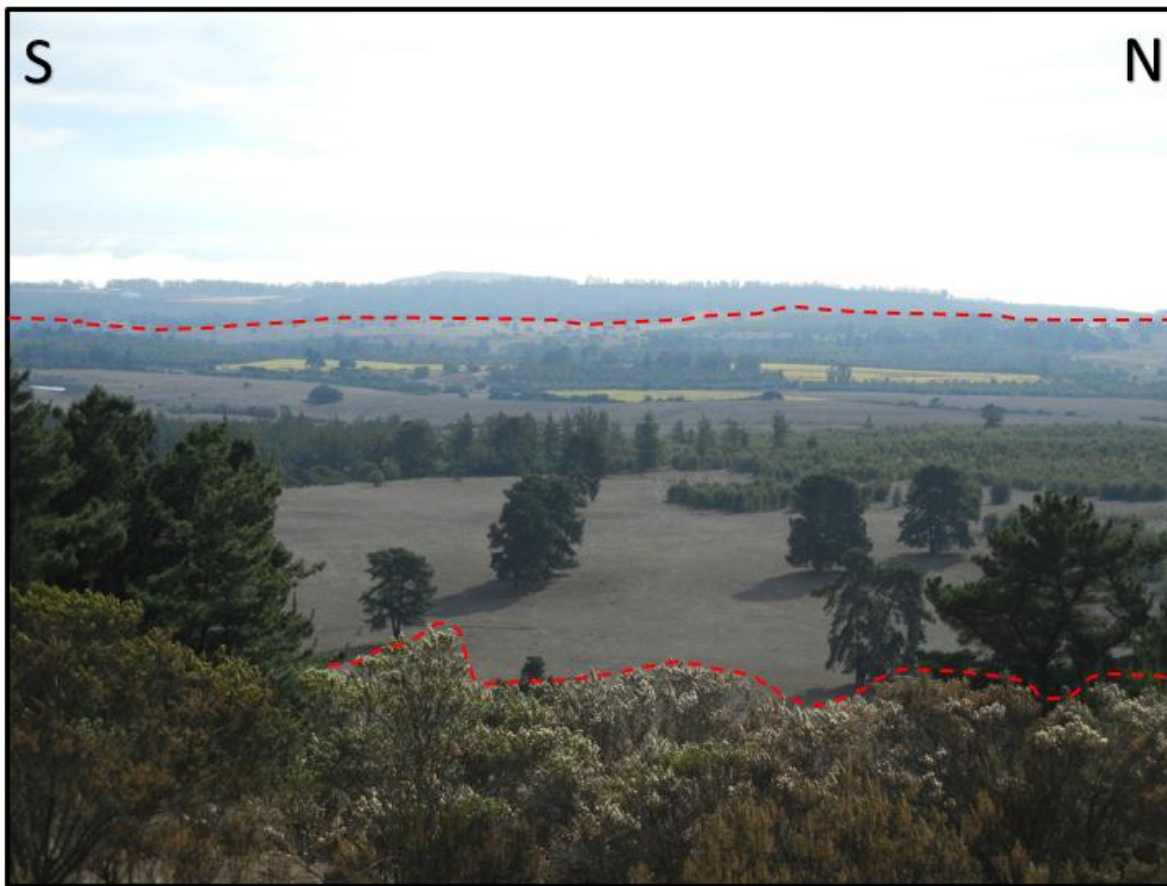


Figura 29: Zona de estudio de Malvilla. En la imagen se observa la planicie correspondiente al tercer nivel de terrazas marinas, delimitado por las líneas rojas punteadas, expuesto por Rodríguez (2008).

La configuración geomorfológica de ambas zonas puede ser un factor importante a considerar, debido a que esta podría influir directamente en el nivel de las aguas presentes en el área de los cultivos. En la figura 30, se presenta un esquema que podría explicar esto. En Tapihue (Fig. 30, a), las plantaciones de vid se encuentran en

la zona de valle, es decir, en equilibrio con su nivel base local, por la cual hay flujos de agua esporádicos y podría existir un nivel freático cercano bajo los cultivos. Por otro lado, en Malvilla (Fig. 30, b) los cultivos se encuentran ubicados en una zona alta respecto a los valles circundantes, correspondiendo a un relieve relictos en desequilibrio con su nivel base local, entre dos quebradas por las que circula agua y, por tanto el nivel freático podría verse disminuido en esa zona, generando una mayor distancia entre las raíces de las plantas y el nivel freático.

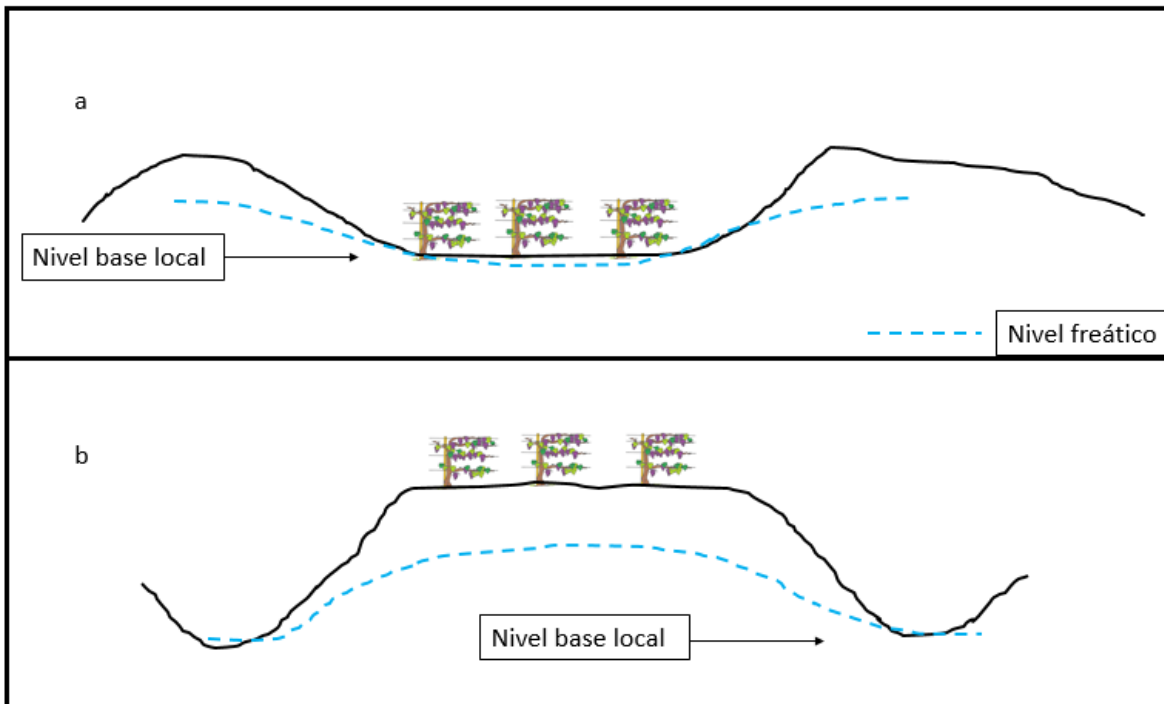


Figura 30: Casos extremos de superficies y su nivel base respecto a los niveles freáticos. (a) Equilibrio de la superficie con el nivel base local, lo que permite un desarrollo de un acuífero somero. (b) Superficie colgada (desequilibrio) respecto al nivel base local, lo que genera un nivel freático más profundo y curvo (Hubbert, 1940).

Pendientes

En la zona de estudio de Tapihue es posible observar mayores pendientes del terreno que en el área de estudio de Malvilla; esto se debe a que en los alrededores de Tapihue hay montañas circundantes pertenecientes a la Cordillera de la Costa, que alcanzan hasta los 1000 m s.n.m. Por otro lado, el área de estudio de Malvilla, al ser una zona inmersa en una terraza marina poco erosionada, es un sector más plano, localizándose distante de los cordones montañosos de la Cordillera de la Costa. Sin embargo, las quebradas en esta última zona son más profundas, lo que genera una gran diferencia entre el fondo de la quebrada y el nivel de la terraza, formando un desnivel cercano a los 150 m en algunas zonas, lo que se traduce en elevadas pendientes, pero acotadas por el talud de la quebrada. Es importante establecer que el mapa de pendientes utilizado para este trabajo no posee la escala adecuada debido a la que no existe la información de imágenes DEM a la escala requerida, ni tampoco se ha realizado un levantamiento topográfico en detalle de las zonas de estudio. Sin

embargo, estos mapas son utilizados como modo de aproximación a lo que serían las pendientes detalladas. Si observamos los mapas realizados, es posible ver que las pendientes en la zona de estudio de Tapihue varían entre 0 – 50° (0 – 119,2%) mientras que en la zona de Malvilla varían entre 0 – 25° (0 – 46,63%).

Según la pauta de descripción de suelos del SAG (2011) (Tabla 7) ambas zonas presentan pendientes que se clasifican como “plano” a “ligeramente escarpado”, esto considerando sólo las zonas en que se realizan las plantaciones de vid.

Tabla 7: Clases de pendientes según su inclinación en porcentaje (SAG, 2011).

Símbolo	Clases	Descripción
Pendientes Simples (%)		
A	Plano	<1
B	Ligeramente Inclinado	1 a <3
C	Suavemente Inclinado	3 a <5
D	Moderadamente Inclinado	5 a <8
E	Fuertemente Inclinado	8 a <15
F	Ligeramente Escarpado	15 a <30
G	Moderadamente Escarpado	30 a <45
H	Escarpado	45 a <60
I	Muy Escarpado	> 60

Los datos de la inclinación de las laderas son importantes debido a que estas pueden prevenir heladas en primavera y ayudar con la maduración de la fruta en otoño. Todo esto según la exposición al sol que se tenga desde la ladera en que se encuentren los cultivos (Huggett, 2005). Esto último debido a que la radiación solar incidente generalmente aumenta con mayores inclinaciones de las laderas (Robinson, 2006).

En Borgoña, Francia, los mejores viñedos se encuentran generalmente ubicados en las medianías de las laderas, no porque ahí es donde la composición del suelo es la ideal, sino porque es allí donde los árboles reciben la mayor cantidad de luz solar (Hugget, 2005). En el caso de Malvilla, las plantaciones se encuentran en los planos de las terrazas de abrasión marina, mientras que en la zona de Tapihue, las plantaciones se encuentran principalmente en las zonas bajas de los valles y algunas excepciones en las laderas. Es justamente en uno de los promontorios pertenecientes al valle Los Perales que se producen vinos *premium*, lo que indica que la pendiente y, por tanto, la exposición solar que reciben las plantas sí es un factor importante a considerar.

Petrología

En el área de estudio de Malvilla es posible observar principalmente rocas pertenecientes al batolito costero y a formaciones sedimentarias del Neógeno (Fm. Navidad), las que se presentan principalmente como rocas metamorizadas y rocas sedimentarias calcáreas y fosilíferas en algunos casos. En la zona de estudio de Tapihue se encuentra el macizo que genera parte de la Cordillera de la Costa, compuesto principalmente por granitoides, sin grado de metamorfismo aparente observable. Estas mismas rocas son las que generan los suelos en ambas zonas. Es posible observar horizontes de suelo más claramente definidos en la zona de Tapihue, en los que se ve incluso en algunas zonas la transición desde la roca madre al suelo in-situ. Un parámetro importante de las rocas que influye en los viñedos es la permeabilidad de la roca caja y del suelo formado. Esto debido a que existen zonas, como en Mosel, Alemania, en que los suelos entregan un pobre almacenamiento de agua, siendo la roca madre la fuente de agua (Ashenfender and Storchman, 2001). Este parámetro no fue analizado en este estudio, pero se cree que es importante mencionarlo y sugerir estudios futuros al respecto.

Según Hugget (2005) existen pocas zonas productoras de vino en el mundo en las que la roca subyacente tiene una influencia real y directa en la calidad del vino. En la región de Douro, Portugal la roca madre de esquisto (rico en K) es preferida por sobre el granito (rico en K) existente en la zona, esto debido a que el esquisto se encuentra más fracturado que el granito permitiendo una mayor infiltración de escorrentía superficial y penetración de las raíces.

Suelos in-situ y componente fluvial y aluvial en las quebradas.

Ambas zonas poseen suelos generados in-situ. En el área de estudio de Tapihue es donde se aprecia esto de mejor manera, como se puede observar en la Fig. 31, existe una roca madre de carácter ígneo y hacia la superficie se va generando un horizonte de suelo que alcanza hasta 1 m de espesor en algunas zonas. También es posible observar que las quebradas poseen componentes fluvio-aluviales, pero estos se restringen sólo a estas zonas.



Figura 31: Horizonte de suelo en Tapihue. Se observa la transición desde la roca madre hasta el suelo generado in-situ.

Es posible observar que en la zona de estudio de Tapihue los suelos tienden a tener colores más bien claros (café claro, naranja), como se dijo anteriormente, proveniente de rocas ígneas ácidas – intermedias, mientras que en el área de estudio de Malvilla, los suelos presentes son profundos, compuestos de arcilla y limo de un color pardo oscuro rojizo en superficie, provenientes de rocas ígneas intermedias, rocas metamórficas y de rocas sedimentarias de la Formación Navidad, que generan algunas zonas de suelo calcáreo en profundidad, como se puede observar en la Fig. 32. Se menciona esta propiedad debido a que el color del suelo juega un rol importante en cómo el suelo transfiere el calor y lo almacena (Maschmedt et al., 2002), a modo de ejemplo, se citan los suelos guijarrosos de tipo *caillottes* en Sancerre, Francia, los cuales presentan una gran cantidad de roca de colores pálidos que reflejan el calor, mientras que en Bavaria, Alemania, los suelos provienen de rocas metamórficas y areniscas grises, por lo que se calientan de manera fácil y preservan de mejor manera el calor (Königer et al., 2001).



Figura 32: Horizonte de suelo en las cercanías de Malvilla. Se observa que el suelo, delimitado por la línea punteada amarilla, se genera sobre las rocas areniscas y areniscas fosilíferas pertenecientes a la Fm. Navidad, generando un suelo in-situ.

Por tanto, se podría correlacionar el color de los suelos pertenecientes a estas zonas con el calor que pueden absorber, siendo la zona de Malvilla la que posee suelos más idóneos para la absorción y almacenamiento de calor proveniente de la radiación solar. Por otro lado, los suelos de Tapihue, al poseer un mayor albedo debido a sus tonalidades más claras, tienden a almacenar menos calor (Evet, 2002).

Granulometrías similares en ambas zonas

Los histogramas realizados indican que ambas zonas poseen una granulometría general de similar forma, en las que predomina principalmente la componente de tamaño arena media y con una importante componente de limo/arcilla.

Huggett (2005) menciona que la mayor parte de los estudios de suelos realizados en Borgoña, Francia, concluyen que los suelos que producen el mejor vino son los que poseen arcillas y guijarros, esto se explica debido a que los guijarros favorecen el drenaje, mientras que las arcillas generan el efecto contrario y además añaden fertilidad a los suelos debido a que producen y favorecen el intercambio de cationes. También se menciona que la presencia de arena favorecería el drenaje de agua. Según esto, los suelos pertenecientes a la zona de Tapihue y Malvilla, al poseer

histogramas similares, serían favorables para la plantación de viñedos, dado que poseen, en promedio, un 10% de limos/arcilla, 5% de guijarros y una gran componente de tamaño arena, lo que favorecería el drenaje y aseguraría un intercambio de cationes provenientes de la arcilla, según lo expuesto anteriormente.

También se menciona que los suelos generados por la erosión de areniscas arcillosas proveerían un entorno físico favorable para la viticultura (Hugget. 2005), como es el caso de algunos sectores de la zona de Malvilla, donde se encuentran suelos provenientes de la erosión de la Formación Navidad.

VIII. CONCLUSIÓN

Los rasgos geomorfológicos predominantes en las zonas de estudio serían de tipo de piedemonte y terraza marina en el caso de la zona de Tapihue, observándose estos principalmente a los pies de la Cordillera de la Costa y en las llanuras del valle principal de Los Perales de Tapihue, mientras que el área de Malvilla presentan rasgos de terraza marina, observables a lo largo y ancho de la zona de estudio.

Existen diferencias en la humedad relativa anual de ambas zonas. Es mayor en Tapihue (85%) que en Malvilla (77%).

En Tapihue se observa que las plantaciones están en equilibrio con el nivel base local, mientras que en Malvilla éstas se encuentran en desequilibrio. Esto podría generar variaciones entre la superficie de plantaciones con el nivel freático, estando más cerca éste de la superficie en el caso de Tapihue y más alejado del nivel base local en el caso de Malvilla.

En la zona de Tapihue es posible encontrar depósitos coluviales rodeando las zonas de los viñedos, por lo que podría ser la componente coluvial una parte importante de entrega de material hacia la zona del valle en que se ubican las plantaciones. En cambio, la zona de Malvilla posee componentes coluviales restringidos a la quebrada en la que se encauza el Estero El Sauce, sin afectar con estos depósitos a las plantaciones, debido a que estas se encuentran a mayor altura que los depósitos ya mencionados.

Los tipos de suelos encontrados en la zona de Tapihue corresponden a la Secuencia Lo Vásquez, caracterizada principalmente por ser de texturas franco arcillo arenosas, arcillosas y franco arcillosas. Por otro lado el área de Malvilla posee suelos pertenecientes a la Secuencia Matanzas, y están definidos por características arcillosas y franco arenosas.

Las pendientes de ambas zonas son similares y presentan laderas del tipo plano a ligeramente escarpadas en las zonas en que se planta la vid. Es importante sugerir un estudio más en profundidad para este tema, debido a que el trabajo realizado no está a una escala adecuada para este estudio, pero sirve como medio de aproximación a uno de los factores más importantes que definen el *terroir*.

Las litologías presentes en ambas zonas de estudio difieren, ya que en Tapihue se encuentran sólo litologías de tipo ígneo intrusivo (granodioritas y tonalitas), mientras que en Malvilla se observan rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. Es importante recalcar que según otros estudios, la naturaleza de la petrología es importante para el drenaje de aguas en profundidad, pero no tendría una influencia real y directa en la calidad de los vinos.

Existen evidencias que sugieren que los suelos encontrados en ambas zonas de estudio son generados in-situ y es en estos en que se realizan las plantaciones, sin

embargo en la zona de Tapihue también se realizan cultivos en zonas de depósito aluviales.

Las granulometrías de los suelos en ambas zonas son similares, concentrándose el mayor porcentaje en el tamaño arena media y una componente importante en tamaño limo/arcilla. Esto le concede un entorno físico favorable para la viticultura, debido a que la componente arena media favorece el drenaje, mientras que la componente limo/arcilla, favorecería el intercambio de cationes entre el medio y la planta.

Según lo estudiado, la pendiente es uno de los factores que más importan al momento de estudiar el *terroir*, debido a que ella influye en la incidencia del sol sobre los cultivos. La petrología es un factor importante, pero no por sus componentes minerales, sino por su permeabilidad secundaria, que favorecería el drenaje, al igual que la granulometría de los suelos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Araya Vergara J. F., 2000. Desarrollo de superficies de aplanamiento disectadas sobre coast range en la Región del Maule, Chile Central. Investigaciones Geográficas, 34. Santiago Chile.
- Ashenfelter, O. and Storchmann K., 2001. The quality of vineyard sites in the Mosel valley of Germany. Cahier Scientifique de "Observatoire de Conjonctures Viticoles Européenne", 4, 1 - 13 p.
- Borde, J., 1966. Les Andes de Santiago et leur avant pays, étude de géomorphologie, Bordeaux, 55 p.
- Constantini, E., Bucelli, P., Priori, S., 2012. Quaternary landscape history determines the soil functional characters of terroir, Quaternary International 265 63 - 73 p.
- Contreras, M. En preparación. Memoria: Influencias petrológicas, geoquímicas y alteración en valles de monocultivo de uva, Chile central.
- Corvalán, J. y Álvarez, L. Geomorfología de Valparaíso y regiones adyacentes. Informe inédito, III Encuentro Nac. de Geogr. De Valparaíso, Chile, 14 p.
- Cosio G, Fernando, Negrón B, Mary, Gastó C, Juan, & Villate G, Juan Luis, 2007. Distritos y sitios de la provincia templada secoestival nubosa o Valparaíso: Sécano de la costa. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 7(1), 38 - 61 p.
- Evet, S. R., 2002. Energy and water balances at soil-plant-atmosphere interfaces, in: Warwick, A. A. (ed) The soil physics companion, Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Farías, M., 2007. Tectónica y erosión en la evolución del relieve de los Andes de Chile Central durante el Neógeno.
- Gajardo, R., 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria.
- Gana, P. Wall, R., Gutiérrez, A., 1996. Mapa Geológico del área de Valparaíso-Curacaví. Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Mapa no. 1, Escala 1: 100.000, SERNAGEOMIN, Santiago, Chile, 20 p.
- Hancock, J.M., 2005. Geology of wine. In (Selley, R.C., Cocks, L.R.M. & Plimer, I.R. ; eds) The Encyclopaedia of Geology Volume III. Elsevier, Amsterdam, 85 - 90 p.
- Hubbert, M.K., 1940. The Theory of Groundwater Motion. J. Geol., 48(8) pp.785-944.
- Huggett, J.M., 2005. Geology and wine: a review. Proceedings of the Geologist's Association, 117, 239 – 247 p.
- Königer, S., Schwab, A., Michel, S., 2001. From local classification to region zoning – the use of Geographic Information System (GIS) in Franconia, Germany, parts 1, 2 and 3.

- Kontkanen, D., Reynolds, A., Cliff, M., King, M., Canadian terroir: sensory characterization of Bordeaux-style red wine varieties in the Niagara Peninsula. *Food Research International*. 419 – 425 p.
- Luzio, W., 1972. Pedogénesis de la toposecuencia Lo Vásquez – Las Rosas. *Agricultura técnica – Vol. 32 – N° 2*.
- Maltman, A., 2008. The role of vineyard geology in wine typicity. *Journal of Wine Research* 19 (1), 1e17.
- Maschmedt, D., Fitzpatrick, R., Cass, A., 2002. Key for identifying categories of vineyard soils in Australia. CSIRO Land and Water Technical report, 30/02.
- Núñez, M. y Saelzer, E., 1954. Las terrazas marinas entre Valparaíso y Algarrobo. *Inform. Geogr. Chile*, 1: 6-26 p.
- Paskoff R., 1970. Le Chili Semi-Aride. Traducción de Novoa Jose, 1993 "Geomorfología de Chile semiárido". Universidad de la Serena.
- Robinson, J., 2006. *The Oxford Companion to Wine*, third edition. Oxford: Oxford University Press.
- Rodríguez, M., 1990. *Geografía agrícola de Chile*. 2da. Ed. Santiago. Universitaria. 317 p.
- Rojas, O., 1999. Documento de trabajo n° 300, Plan de Manejo Reserva Nacional Lago Peñuelas, CONAF.
- Rupnik, P., Cus, F., Smuc, A., 2014. Geomorphology and wine: the case of Malvasia Istriana in the Vipava valley (Slovenia). EGU General Assembly.
- Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG), 2001. Pauta para estudio de suelos.
- Sepúlveda, O., 2003. Sectorización climático-habitacional de las regiones de Valparaíso y Metropolitana. *Revista invi* N° 46, volumen 18.
- Silva, F., 1991. Caracterización de Distritos y Sitios de los pastizales de la Provincia Secoestival Nubosa. Valparaíso. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 284 p.
- Tavera, J., 1979. Estratigrafía y paleontología de la Formación Navidad, Provincia de Colchagua, Chile. *Boletín del Museo de Historia Natural* 36, 176 p.
- Wall, R., Gana, P., Gutiérrez, A., 1996. Mapa Geológico del área de San Antonio-Melipilla. Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins, Mapa no 2, escala 1:100.000, SERNAGEOMIN, Chile.
- Vaudour, E., 2003. *Les terroirs viticoles. Définitions, caractérisation et protection*. Ed. Dunod, Paris, France, 294 p.

Venegas, G. A., V. Loewe, González, M., 2013. Influencia el crecimiento en longitud y diámetro brotes sobre la floración de *Pinus pinea* L. Quebracho (Santiago del Estero) vol.21 no.1.

ANEXO A

Coordenadas de puntos de control

Tapihue

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
288236	6311972	p. control	
288277	6311870	p. control	
288280	6311811	VQ-1b	
288311	6311509	p. control	
288386	6311740	p. control	
287729	6311238	p. control	
287154	6310946	p. control	
287336	6311370	p. control	
287202	6311504	p. control	
287205	6311525	VS-1b	
287248	6311622	VR-1b	
287268	6311827	p. control	
287724	6311827	p. control	
287808	6311846	p. control	
287960	6311846	p. control	
288064	6311829	p. control	
286942	6312717	p. control	
290595	6312710	p. control	
290497	6312500	p. control	
290505	6312537	VR-2b	
289745	6313608	p. control	
289534	6313558	p. control	
289541	6313502	VR-3b	
289435	6313334	p. control	
289156	6313335	p. control	
289063	6313495	VR-4b	
288964	6313555	p. control	
288942	6313693	p. control	
288756	6313929	VQ-2b/VR-5b	
288361	6313994	p. control	
288554	6314036	p. control	
288380	6314011	p. control	
288252	6314077	p. control	
288182	6314137	p. control	
287983	6314368	p. control	
287828	6314274	p. control	
287931	6314056	p. control	
287754	6313709	p. control	

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
287429	6313710	VQ-3b	
288887	6312639	p. control	
288988	6312465	p. control	
289000	6312427	p. control	
289009	6311999	p. control	
289016	6311753	p. control	
289227	6311577	p. control	
289866	6311517	p. control	
289734	6311610	p. control	
289569	6311863	VR-6b	
289202	6312241	p. control	
298186	6312290	VQ-4b	
289093	6312336	VS-2b	
288711	6312553	p. control	
285900	6312557	p. control	
288085	6312752	p. control	
287788	6312877	p. control	
287416	6312693	p. control	
287247	6312815	p. control	
287064	6312861	p. control	
287014	6312826	p. control	
286937	6312778	p. control	
287075	6312599	p. control	
285062	6310259	VQ-5b	
285063	6310075	p. control	
284556	6310405	VR-7b	
286201	6313721	VS-6a	X
286762	6313281	VS-7a	X
284837	6313301	VS-8a	X
284297	6310774	VS-9a	
283351	6313599	p. control	
286251	6312684	p. control	
286122	6312639	p. control	
286178	6312398	p. control	
286192	6312380	p. control	
286707	6311994	VR-1a	
286768	6311653	p. control	

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
287000	6311371	VR-2a	
286299	6312364	VS-1a	
289689	6313897	p. control	
289837	6314297	p. control	
289610	6314226	VS-2a	
289016	6314459	p. control	
288943	6314761	p. control	
288717	6313950	VS-3a	X
286688	6311238	p. control	
286546	6311237	p. control	
285911	6310668	p. control	
285030	6310668	p. control	
285458	6310613	p. control	
288798	6312745	p. control	
289063	6312617	p. control	
289124	6312611	p. control	
289161	6312625	p. control	
288773	6312917	p. control	
289185	6313223	p. control	
288668	6312747	VS-4a	X
287476	6312737	p. control	
288558	6313151	VS-5a	

ANEXO B

Coordenadas de puntos de control

Malvilla

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
262492	6281154	p. control	
262785	6281739	p. control	
262714	628177	CR-1b	
262565	6281805	p. control	
262755	6281770	p. control	
262931	6281732	p. control	
263020	6281703	p. control	
623076	6281688	CS-1b	
263625	6281505	CR-2b	
263402	6281425	p. control	
263488	6281346	p. control	
263584	6281304	p. control	
263787	6281312	p. control	
263854	6281321	p. control	
264205	6281164	p. control	
264334	6281084	p. control	
264702	6281014	p. control	
264810	6280902	CQ-1b	
264850	6280852	p. control	
265272	6280689	p. control	
265397	6280667	CS-2b / CS-3b / CS-4b	
265486	6280641	p. control	
265540	6280598	p. control	
265594	6280560	p. control	
265772	6280513	p. control	
265952	6280519	p. control	
266036	6280519	p. control	
266149	6280532	p. control	
266410	6280673	CR-3b	
260509	6278790	p. control	
260595	6278840	CR-5b	
260678	627891	CR-6b	
260834	6279011	CR-7b	
260981	6279083	p. control	
260953	6279209	p. control	
260954	6279367	CS-5b	
260920	6279625	p. control	

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
260906	6279730	p. control	
261094	6279600	p. control	
261256	6279761	p. control	
261100	6279523	p. control	
261151	6279336	CR-8b	
261265	6279281	p. control	
261213	6279575	p. control	
260925	6279808	p. control	
260979	6279876	p. control	
261077	6279990	p. control	
261113	62800618	p. control	
261124	6280348	p. control	
261120	6280582	CR-9b	
261182	6280668	p. control	
261435	6280967	p. control	
261761	6281598	p. control	
262027	6281853	p. control	
261665	6276867	p. control	
261807	6278908	p. control	
262142	6276995	p. control	
262793	6277139	CR-10b	
263100	6277039	p. control	
263229	6277181	p. control	
263226	6277384	p. control	
263237	6277612	p. control	
263850	6277884	p. control	
263626	6277901	p. control	
263263	6278029	CR-11b	
263631	6278266	p. control	
264728	6278349	p. control	
264397	6278595	p. control	
264840	6278180	p. control	
264871	6278170	p. control	
265136	6278169	p. control	
265171	6277793	p. control	
265131	6277748	p. control	
265277	6277696	p. control	
265354	6277648	p. control	

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
265453	6277596	p. control	
265948	6277430	p. control	
265599	6277448	CS-6b	
265082	6277776	p. control	
624796	6277787	p. control	
262441	6277034	p. control	
262498	6277405	p. control	
262773	6278212	p. control	
262520	6278312	CR-12b	
262395	6278403	p. control	
261925	6278826	p. control	
261693	6278814	p. control	
261143	6278194	p. control	
261467	6278179	p. control	
261503	6277910	p. control	
261843	6277610	p. control	
262070	6277239	p. control	
261889	6276983	p. control	
261412	6276895	p. control	
262714	6281016	CS-1a	X
264140	6279634	CR-1a	
264194	6279647	p. control	
264065	6279638	CS-2a	X
263325	6279689	p. control	
262729	6279573	CS-3a / CS-4a	
262792	6279301	p. control	
262743	6279264	CS-5a	
263340	6279511	CS-6a	
263712	6280084	p. control	
263188	6280439	p. control	
265197	6281103	MQ-1a	
265317	6280884	p. control	
265306	6280594	p. control	
265928	6280257	CS-7a / CS-8a	
265464	6279650	CR-6a	
265353	6279118	CS-9a	
266098	6278408	p. control	

Coordenadas UTM (WGS84)			
Este	Norte	Muestras	Análisis granulométrico
265091	6279772	CS-10a	
262651	6277040	CS-11a	
265711	6280946	p. control	
263724	6279078	p. control	
263773	6279039	p. control	
264397	6278594	CS-12a	X
265780	6280400	p. control	
260488	6279394	p. control	
260385	6280729	CS-13a	
265784	6280395	CS-14a	

ANEXO C

Descripción general de muestras de suelo

TAPIHUE

VS-1a

Coordenadas: 286299 / 6312364

Suelo formado in-situ, se observa bien la transición de roca a suelo, es de color café claro y naranja en los horizontes superiores. Es blando, terroso y se encuentra seco. Posee terrones que se deshacen al tocarlos. Presenta vegetación en la superficie.

VS-2a

Coordenadas: 289610 / 6314226

Muestra de suelo tomada en una calicata. Es suelo generado in-situ. Presenta tono naranjos, café y rojizos. Es duro, se encuentra seco y presenta granos de gravas de la roca madre.

VS-3a

Coordenadas: 288717 / 6313950

Muestra de suelo tomada en un abanico coluvial, presenta colores naranja y café. Se presenta bien compacto, con clastos angulosos a sub-angulosos que varían su tamaño entre 2 a 10 cm. En superficie no presenta mayor vegetación.

VS-4a

Coordenadas: 288668 / 6312747

Muestra de suelo muy dura de color café claro. En su zona inferior presenta niveles clásticos angulosos. En superficie presenta escasa vegetación.

VS-5a



Coordenadas: 288588 / 6313151

Muestra de suelo coluvial bien consolidado, de color café naranja. Es muy duro y presenta pequeños clastos angulosos. En superficie presenta vegetación.

VS-6a



Coordenadas: 286199 / 6313816

Muestra de suelo tomada en la zona central del valle Los Perales de Tapihue. Es un suelo muy duro, se encuentra seco y presenta un color café claro. En superficie presenta vegetación.

VS-7a



Coordenadas: 286762 / 6313281

Muestra de suelo tomada en la zona central del valle Los Perales de Tapihue. El suelo es blando, de color café claro y más en profundidad toma tonos más oscuros (puede que se deba un cambio de horizonte del suelo). Presenta vegetación en superficie.

VS-8a



Coordenadas: 284837 / 6313301

Muestra de suelo tomada en la zona central del valle Los Perales de Tapihue. Es un suelo muy duro, se encuentra seco y presenta un color café claro. En superficie presenta escasa vegetación.

VS-9a



Coordenadas: 284297 / 6310774

Muestra de suelo tomada en la zona central del valle Los Perales de Tapihue. Es un suelo muy duro, se encuentra seco y presenta un color café claro y no se observan horizontes. En superficie presenta vegetación.

ANEXO D

Descripción general de muestras de suelo

MALVILLA

CS-1a

Coordenadas: 262714 / 6281016

Muestra de suelo tomado sobre la terraza de abrasión. Es duro, color café oscuro, se encuentra húmedo debido a la lluvia. De éste se desprenden terrones que se deshacen al tacto. Presenta escasa vegetación en superficie.

CS-2a

Coordenadas: 264065 / 6279638

Muestra de suelo tomada entre las parras. El suelo es blando, debido a que ha sido trabajado. Posee terrones que se deshacen al tacto y tiene un color café-naranja.

CS-3a / CS-4a

Coordenadas: 262729 / 6279573

Muestra de suelo de un depósito sedimentario. La parte superior presenta clastos de roca angulosos de aproximadamente 1 cm de diámetro y presenta color café oscuro (CS-3a). La zona media-inferior está formada principalmente por restos biológicos calcáreos (CS-4a).

CS-5a

Coordenadas: 262743 / 6279264

Muestra tomada en una trinchera en la que se podía observar una secuencia sedimentaria. La muestra corresponde a un nivel conglomerádico. De color café-gris y polimíctico.

CS-6a

Coordenadas: 263340 / 6279511

Muestra de suelo que posee bolones redondeados de 1 a 5 cm de diámetro. Es de color café oscuro y presenta algunos terrones que se deshacen al tacto.

CS-7a / CS-8a

Coordenadas: 265928 / 6280257

Muestra tomada en un depósito sedimentario clástico. Es una intercalación de arenas, gravas, limos/arcillas semiconsolidados. Presentan vegetación en superficie y tiene un color café claro-naranja.

CS-9a

Coordenadas: 265353 / 6279118

Muestra de suelo poco consolidado con clastos redondeados y poco esféricos. Posee un color café-naranja, terrones que se deshacen al tacto y escasa vegetación en superficie.

CS-11a



Coordenadas: 262651 / 6277040

Muestra de suelo de color café oscuro, con raíces, muy duro, se forman terrones muy compactos que cuesta deshacer al tacto. Presenta escasa vegetación en superficie.

CS-12a



Coordenadas: 264397 / 6278594

Muestra de suelo color pardo oscuro, presenta raíces, los terrones se deshacen al tacto. No presenta clastos y posee vegetación en superficie.

MAPAS FUERA DE TEXTO