

ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELOS, EN EL FUNDO ROL N°176-1 EN LA CUENCA DE LO OROZCO, COMUNA DE CASABLANCA

Rodrigo Serra Calás *rserra@upa.cl*
Simón Catalán Méndez *jpcm71@mixmail.com*
Jaime Cortes Muñoz *jpcm71@mixmail.com*
Pablo Román Román *pablroman79@hotmail.com*

RESUMEN

En la Cuenca de Lo Orozco, debido al desarrollo de un intensivo y extensivo uso agrícola de los suelos, se procedió al desmonte de la vegetación nativa para la implementación del cultivo de la vid, lo cual ha producido una considerable pérdida de suelos. El estudio determinó el nivel de impacto producido por la técnica agrícola, y sienta las bases para hacer exigible un estudio de impacto ambiental, para prevenir desastres ambientales ante un probable abandono de faenas, que dejaría absolutamente desprotegido el escaso suelo que aun queda y aceleraría la Desertización del área.

Palabras claves: Pérdida de suelos, Erosión, Desertización

ABSTRACT

In the Lo Orozco basin, due to the extensive and intensive agricultural development, the native vegetation has been replaced by grape cultivation which has resulted in a considerable loss of soil. This study has quantified the damage caused by the agricultural technique, and establishes the basis for requiring an environmental impact study, to prevent a possible environmental disaster should this product be abandoned, thus leaving completely unprotected the little soil that remains and accelerating the desertification.

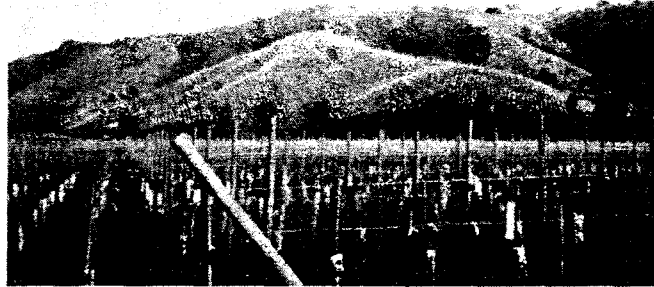
Key words: Soil loss, Erosion, Desertification.

Introducción

Es a mediados del siglo pasado cuando se le da interés y se consolida la preocupación acerca del manejo sustentable de los recursos del medio ambiente, a causa de estos, los estudios se han multiplicado sobre el manejo de la explotación de los suelos y los problemas que se derivan de ello, como la erosión y agotamiento de su productividad. Es así como la velocidad de los procesos erosivos como la desertificación o acarcavamiento de laderas producida por actividades económicas como la agricultura intensiva y extensiva, no tarda en volverse un problema evidente cuando se determina la acelerada pérdida de suelos. Para poder conocer, predecir y prevenir estos procesos se han desarrollado diversas metodologías que permiten estimar la pérdida de suelos y determinar el nivel de impacto generado.

El lugar de estudio fue seleccionado debido a que en él ya se evidencian los impactos producidos por los procesos erosivos, en una área especialmente sensible a la pérdida de suelos, además según el plan regulador intercomunal esta dentro de un sector de altas cumbres de la cordillera de la costa con vegetación nativa degradada y clasificada como Zona de protección y preservación de los Recursos Naturales

(ZRN) como también el CIREN CORFO (Centro de Información de Recursos Naturales) a declarado esta zona no apta para ningún tipo de cultivo.



Se escogió para la estimación de la pérdida de suelos el modelo *USLE*¹ y para la determinación del nivel de impacto la tabla *USDA*². métodos recomendados por la *FAO*³ y que resultaron ser los más apropiados para el desarrollo y finalidad del estudio.

Los resultados permitieron determinar y estimar el impacto de la aplicación de una técnica inapropiada en un área de suelos frágiles por sus características geográficas.

Planteamiento del problema

Desde la época Colonial hasta nuestros días, la agricultura de frutales y pastizales en la Cuenca de Lo Orozco ha sido la principal fuente de recursos económicos, debido a las favorables condiciones ambientales del área, la que define el carácter socioeconómico y determina el paisaje cultural de la comuna (PLADECO, 1994). Sin embargo esta actividad se ha realizado sin prestar mayor atención a la sustentabilidad del recurso suelo. En el Fundo rol 176-1 se ha desmontado la flora nativa, de gran valor biogeográfico, para cultivar vid destinada a la producción vitivinícola, acción que ha ocasionado la ruptura del equilibrio metaestable (Norman Hudson, 1982) del ecosistema.

La fuerte presión para explotar agricolamente los terrenos que presentan condiciones aptas para el cultivo de la vid, ha determinado un aumento de la superficie plantada, que se ha traducido en el reemplazo de cultivos frutícolas tradicionales (perales y manzanos) y en el caso del predio analizado, en el desmonte de la vegetación nativa de las laderas de los cerros. Además se han implementado técnicas que buscan incrementar el rendimiento en los procesos productivos, como el riego por goteo y cultivo por surco a favor de la pendiente, sin embargo se debe consignar que las técnica actualmente empleada por la agricultura, esta produciendo impactos en el recurso suelo (pérdida), situación observable por la formación de cárcavas y la

¹ Universal Soil Loss Equation (Ecuación universal de pérdida de suelo)

² Agencia de conservación de suelos de los Estados Unidos

³ Food and Agriculture Organization

activación de procesos de remociones en masa con mayor alcance al terreno de laderas cultivadas.

El estudio sienta precedentes acerca de la necesidad de implementar medidas que garanticen actividades agrícolas sustentables, ya que al estar comprometiéndose los suelos del sector, a futuro no solo se estaría afectando la actividad más importante de La Cuenca (generadora de la mayor parte de los recursos y fuentes de empleo según la memoria del plan regulador comunal), sino también se estaría atentando contra la sustentación de la vegetación nativa que se presenta en las zonas aledañas al área de estudio, lo que determinaría a futuro procesos de desertización, como los que se observan en la zona central del país.

Desarrollo

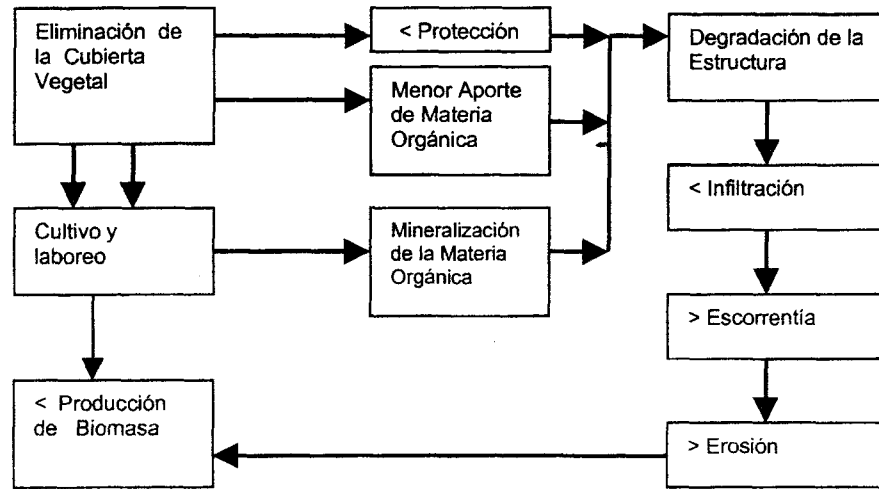
En la superficie terrestre la erosión geológica es un proceso normal y necesario, para la creación de suelos y la constante rotación de materiales que se dan dentro de un equilibrio metaestable (Norman Hudson, 1982); producto de la intervención humana (desmonte, quema de pastizales, la utilización de pesticidas, etc.), se rompe el equilibrio produciendo la aceleración de la erosión, en donde los procesos experimentan un aumento en la velocidad y volumen en la pérdida de suelos (Norman Hudson, 1982), los que desnudos reciben en forma directa el impacto de la precipitación, produciéndose la disgregación de la superficie, además la escorrentía sin la vegetación se vuelve arroyada concentrada, la que produce una división de la vertiente en múltiples barrancos, produciéndose un relieve de cárcavas (A. Foucault; J. F. Raoult, 1985).

Acciones humanas como el desmonte de las vertientes quiebran el equilibrio metaestable, al eliminarse la vegetación la superficie queda desprotegida, el epipedón⁴ recibe menos aporte de materia orgánica por parte de las plantas cultivadas y se produce una disminución del espesor de los horizontes de los suelos, debido a la incapacidad de estos de regenerarse; Paralelamente la menor infiltración y el laboreo producen la salinización de las vertientes, por lo que la acción radiante del sol, al calentar la superficie desprovista de vegetación, evapora el agua de los suelos cada vez a mayor profundidad, emergiendo las sales, que mineralizan el primer horizonte.

Por último, las nuevas condiciones terminan con la estructura del epipedón, volviéndose más vulnerable a la erosión, al mismo tiempo, disminuida la infiltración, por lo tanto habrá más agua en superficie (mayor escorrentía superficial) disminuyendo la capacidad del suelo de retener agua para las plantas.

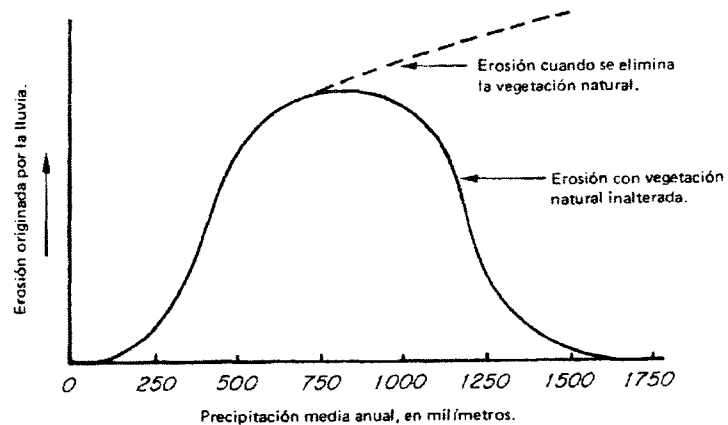
⁴ Del Griego Epi=sobre. Es un horizonte que se forma en superficie, pero no es el horizonte A

Fig. 1: Modificación de esquema Mecanismos responsables de la erosión para el caso agrícola. (Jaime Porta Casanellas, 1999).



Al eliminar la cubierta vegetal los suelos quedan desprotegidos presentándose un menor aporte de materia orgánica. Llegada la etapa de cultivo se comienza el abono de las tierras, provocando mineralización de la materia orgánica, que genera la degradación de la estructura del suelo, determinándose en los suelos menores niveles de infiltración, mayor escorrentía y una mayor facilidad para erosionarse, proceso que no se limita solamente al área afectada con la eliminación de la vegetación, si no que se expande a las zonas aledañas.

Fig. 2: Curvas de erosión con y sin vegetación. (Norman Hudson, 1982)



“El factor mas influyente en la erosión de tipo hídrica es la Precipitación Media Anual” (Norman Hudson, 1982) (Fig.2). no importando solamente la cantidad de lluvia sino el tipo de esta, por ejemplo, generalmente la lluvia tropical tiene un mayor efecto que las lluvias de latitudes medias en la erosión de los suelos, no obstante,

como ya se ha mencionado, la intervención del hombre rompe el equilibrio metaestable del sistema desencadenando fenómenos de erosión acelerada en áreas de precipitación moderada .

El área de estudio se ubica en laderas que pertenecen a La Cordillera de La Costa, la que en este sector aparece desgastada (estadio de madurez). El área de estudio ha quebrado su equilibrio metaestable (por intervención antrópica), situación apreciable en el desarrollo de un acelerado proceso de pérdida y laterización de suelos en las unidades de análisis especial (con vertientes de pendientes pronunciadas según carta realizada a partir de cartografía IGM). La causa de la situación anterior es el desmonte del bosque esclerófilo (con fin de habilitar terrenos para la plantación de cultivos de la vid), que deja que los suelos denudados reciban la gota de lluvia con una mayor energía cinética, la cual genera desprendimiento de material y ensurcamiento de la arroyada produciendo un desgaste lineal del terreno.

Estimación del nivel actual de impacto

El área de estudio ha perdido parte importante de sus suelos, no obstante se puede llegar a determinar el volumen original de horizonte A en el sector antes de la implementación de la técnica agrícola, para de esta forma determinar el nivel de impacto.

Para realizar el análisis anterior, se infirió que en el sector las condiciones originales del área de estudio, eran idénticas a la de sus zonas inmediatamente aledañas, básicamente al observarse que la vegetación nativa esclerófilo de los alrededores es la misma que se presenta en algunas pocas quebradas que no fueron desprovistas de vegetación del fundo. De lo anterior se pudo obtener la profundidad del horizonte A en los suelos mediante la toma de muestras en las áreas, el valor obtenido es de 28,75 centímetros del horizonte A.

Al realizarse mediciones en las unidades de análisis espacial se pudo constatar que el horizonte A no presenta profundidad, y que sus componentes se encuentran en forma disgregada sobre la superficie del horizonte B. De esto se puede estimar un nivel actual de erosión severa.

Estimación del nivel de impacto a un año (aplicación USLE.)

$$A=R*K*L*S*P*C$$

Donde A es la pérdida de suelos calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R.

Factor R: Es el factor de mayor importancia en la ecuación y se define como el producto de la energía cinética del aguacero (E) por su intensidad máxima en 30 minutos (I). Es decir: $R = E \times I$

Se procedió a obtener los valores de máxima precipitación en 24 horas en cada mes para las estaciones pluviométricas contempladas en el estudio, por su cercanía al área de estudio.

Tabla N° 1: Precipitación Máxima en un mes, en milímetros. en 24 horas y en 1 hora

Estaciones	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio
Tapihue (24hrs) (1 hr)	190	11	0	95	7
	7.92	0.46	0	3.96	3.09
LagoPeñuelas (24hrs) (1 hr)	162.5	5.5	4.5	156	82.13
	6.77	0.23	0.19	6.5	3.42
Colliguay (24hrs) (1 hr)	93.5	7.5	1.5	102.5	51.25
	3.9	0.31	0.06	4.25	2.13
Casablanca (24 hrs) (1 hr)	95.1	7.7	1.5	109.9	53.55
	3.96	0.32	0.06	4.58	2.23

Fuente: Dirección general de aguas

A continuación con el promedio de los valores de precipitación máxima en 24 horas en la tabla desarrollada por Wischmeier y Smith, se determinan los valores de energía cinética de la precipitación en kilogramo por milímetros de lluvia sobre una hectárea (E), para cada estación pluviométrica.

Tabla N 2: Determinación de E

Estación	E (kgm/mm/Ha)
Tapihue	17,39
Peñuelas	16,86
Colliguay	17,66
Casablanca	17,00

Fuente: Elaboración propia

Para obtener los valores de I, el valor de precipitación horaria se divide por 2, para determinar I en 30 minutos:

Tabla N°3: determinación de I (Intensidad).

Estación	I (mm./30 minutos)
Tapihue	1,55
Peñuelas	1,71
Colliguay	1,07
Casablanca	1,12

Fuente: Elaboración propia

Luego, R es el producto de E x I, el que se determina para cada estación pluviométrica:

Tabla N°4 Perdida de R por estación pluviométrica

Estación	R (toneladas/hectáreas)
Tapihue	26,95
Peñuelas	28,83
Colliguay	18,90
Casablanca	19,04

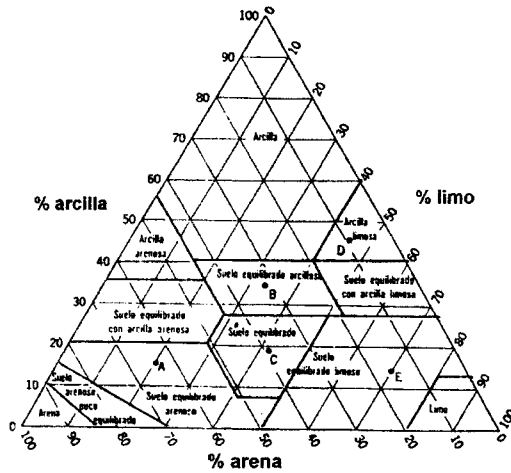
Fuente: Elaboración propia

a

Finalmente para obtener el valor **R** del área de estudio se aplica el método de polígonos de Thiessen, obteniéndose un valor **R** de 23,91 de toneladas de suelos perdidos por hectárea.

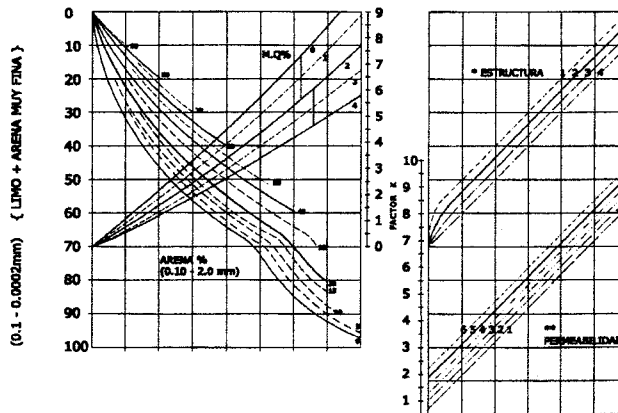
Factor K: Las características de los suelos referidas a los porcentajes de arcilla, limo, arena, materia orgánica y permeabilidad se determinaron con el análisis de muestras procesadas del laboratorio de análisis de suelos de la Universidad de Chile, con los porcentajes obtenidos se procederá a trabajar con el triángulo ternario y el nomograma de Wischmeier y Smith.

Fig. 3 Triángulo ternario para tipos texturales según Depto. Agricultura de Estados Unidos (USDA).



Los valores aproximados entregados por el Laboratorio de Pedología la Universidad de Chile son los siguientes: **Arcilla:17,96%**, **arena 52,8%**, **limo 29,94%**. Mientras que la granulometría es clasificada como **franca** y la permeabilidad **moderada**.

Ya con estos datos preliminares es posible entrar en el nomograma:
Fig. 8 nomograma de obtención de **K**.



Fuente: Wischmeier y Smith.

Obteniéndose un valor K de 0,38 toneladas/acre, sin embargo como el valor se debe entregar en hectáreas, este último resultado se multiplica por 2,47 con lo que el factor K preliminar es de 0,94 toneladas / hectáreas. Se debe mencionar que una primera aproximación de las características de los suelos analizados en laboratorio, permite deducir que los resultados finales de K se aproximarán a los valores entregados en esta primera entrega del estudio.

Factor L: Para obtener los valores de longitud de pendiente de cada pendiente en estudio, se procedió a separarlas por drenes. Mediante trabajo en sistema Arc View se obtuvieron 6 laderas de trabajo, con sus respectivos valores de longitud, pendiente (en porcentaje) y altura, resultando el factor L mediante fórmula entregada en metodología:

Tabla N°5: Determinación de factor L.

Ladera	Longitud (metros)	Altura (metros)	Pendiente (%)	m	L
1	523,22	100	19,11	0.5	4,9
2	897,23	125	13,93	0.5	6,4
3	594,63	100	16,82	0.5	5,2
4	686,39	125	18,21	0.5	5,6
5	567,46	100	17,62	0.5	5,1
6	301,91	50	16,56	0.5	3,7

Fuente: Elaboración propia

Factor S: En este caso también el cálculo estuvo resuelto por ladera, obteniéndose por sistema Arc view, luego con la fórmula entregada en metodología:

$$S = \frac{0,43 + 0,3s + 0,043 s^2}{6,613}$$

s= factor inclinación

s= inclinación en porcentaje.

se obtuvieron los siguientes valores del factor S, en primer lugar se determino el valor de s de acuerdo a las pendientes obtenidas, de esta forma se obtuvo el factor S para cada ladera:

Tabla N°6: Determinación factor S.

Ladera	S	Factor S
1	20	3,6
2	13,5	1,9
3	20	3,6

4	20	3,6
5	20	3,6
6	20	3,6

Fuente: Elaboración propia

Factor C: En las unidades de análisis espacial se procedió a desmontar la vegetación nativa, para cultivar vides. De una cobertura vegetal del 100%, observable en las laderas vecinas que no se han intervenido, se paso a un cultivo que por las características de la vid (porcentaje de cobertura vegetal, en este caso menos de un 20%), determina un valor de C de 0,22 de acuerdo a la tabla N° 6.

Tabla N° 7: De Cubierta vegetal Tipo y altura.

Matorral con una altura de caída de gota de unos 165 cm.						
Porcentaje de recubrimiento		Porcentaje de tierra cubierta.				
	0	20	40	60	80	95
25	0.40	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011
50	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
75	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011

Fuente : Wischmeier y Smith 1978. Edafología para la agricultura y el medio ambiente/ Jaime Porta Casanellas 1999.

Factor P: Este factor permite incorporar la eficacia de las medidas implementadas para disminuir el nivel de pérdida de suelos, sin embargo en el Fondo rol 176-1 se puede inferir que no existen medidas de protección, los dueños no accedieron a entrevista y los trabajadores no tenían conocimiento de la implementación de medidas de protección de los suelos. Al no existir prácticas de conservación y al constarse la presencia de una técnica agrícola agresiva con el ambiente, el valor de P es 1.

Resultados Ecuación Universal de Pérdida de Suelos

Se trabajo con seis unidades de longitud del declive (laderas) localizadas en el área de estudio, estas se trabajaron como microcuencas diferentes, sin embargo estas se deben entender como parte de la unidad de análisis. Al obtenerse el valor A de pérdida de suelos, este es entregado en toneladas por hectárea, sin embargo debido a que cada ladera presenta una superficie menor, este resultado a de ser multiplicado por la superficie de cada ladera, finalmente la suma de estos valores será el valor de suelos perdidos en el área de estudio:

Tabla N° 8 Tabla resumen de factores

Ladera	R	K	L	S	C	P	A (ton/ha) x superficie en hás.	A / ladera
1	23,91	0,57	4,9	3,6	0,22	1	52,89 x 7,86	415,7
2	23,91	0,57	6,4	1,9	0,22	1	36,45 x 11,69	426,1
3	23,91	0,57	5,2	3,6	0,22	1	56,13 x 15,27	857,1
4	23,91	0,57	5,6	3,6	0,22	1	60,45 x 10,90	658,9
5	23,91	0,57	5,1	3,6	0,22	1	55,05 x 27,59	1518,82
6	23,91	0,57	3,7	3,6	0,22	1	39,94 x 12,89	514,8

En cada hectárea del fundo 176-1 se han perdido en promedio 56,82 toneladas de suelos. Por lo que el total de suelos perdidos en el área de estudio es de 4391,4 ton.

Discusión de resultados

Los resultados preliminares son coherentes con los objetivos enunciados en el estudio y confirman la validez de la metodología empleada. La *USLE* a pesar de sus limitaciones, ha demostrado ser un instrumento predictivo fiable y de fácil manejo, que permite tener una aproximación al volumen de pérdida de suelos en áreas con actividad agrícola.

En este caso, el desmonte de la vegetación nativa y los cultivos de vid a favor de la pendiente han dejado a los suelos desprotegidos contra los agentes erosivos. La metodología *USLE* ha expresado como los suelos se están perdiendo, convirtiendo en factores las actuales condiciones ambientales del área, alteradas por la acción humana.

MENCIÓN A PARTE MERECE EL EMPLEO DE LAS VARIABLES DEL SUELO: TEXTURA, MATERIA ORGÁNICA, ESTRUCTURA, PERMEABILIDAD PARA LA SUSCEPTIBILIDAD DE EROSIÓN (FACTOR K), EN EL NOMOGRAMA DE WISCHMEIER, PUESTO QUE LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTOS SON DIFÍCILES DE DETERMINAR, Y UN ERROR EN SU APRECIACIÓN O CÁLCULO, PUEDE CONDUCIR A RESULTADOS ERRÓNEOS.

La precipitación en el área se concentra en pocos días y en una cantidad e intensidad que si se compara con las de otras zonas es bastante menor, en la *USLE* esto determina un nivel de pérdida de suelos, pero no explica el actual nivel de erosión, lo mismo se puede decir de las pendientes y de las características del suelo.

Es entonces la escasa cobertura vegetal y la nula ausencia de medidas de control, las que determinan la erosión en el área de estudio, pues estos factores cuando son óptimos se alejan del valor 1, disminuyendo el nivel de pérdida de suelos (por las características de la fórmula), de la determinación de estos factores, se debe mencionar que esta se resuelve mediante tablas desarrolladas por Wischmeier y Smith, metodologías que han sido objeto de controversia científica, en este informe su utilización sin embargo ha permitido obtener resultados coherentes con la apreciación del daño en el área de estudio.

Es importante decir que la *USLE* es una fórmula elaborada por la *USDA*, hecha bajo factores que distan de la realidad del área de estudio, sin embargo, con su elaboración se busca que sea aplicable a cualquier realidad, por eso es que ha sufrido constantes variaciones desde su creación. Por tanto los datos deben ser cuestionados y no ser tomados como absolutos.

Conclusiones

Con la aplicación del desmonte y la técnica agrícola de surco a favor de la pendiente, se potencio el proceso de pérdida de suelos de tal forma que la profundidad promedio del Horizonte A, que era de 28,5 centímetros, se redujo a cero, dejando los componentes de los suelos disgregados sobre la superficie.

Aplicándose la clasificación del Manual del Servicio de Conservación de Suelos de la *USDA*, se determina que todas las laderas del área de estudio presentan un nivel de erosión severa, por lo que la jerarquización de las laderas por nivel de impacto

resulta innecesaria. Con los resultados anteriores se puede inferir que la aplicación de la técnica agrícola en las laderas del área de estudio, dejó los suelos más expuestos a la erosión, situación que se agravará con el tiempo y pasara a un nivel muy severo de erosión.

Lo anterior se determinó de acuerdo al valor obtenido por la aplicación en el área de estudio de la Ecuación Universal de Perdida de Suelos, según la cual con las actuales condiciones ambientales y por la aplicación de la técnica de cultivo por surco a favor de la pendiente, en el fundo rol 176-1 se pierden 56,82 toneladas de suelos por hectárea.

Se puede deducir entonces que la aplicación tanto de las técnicas agrícolas como la elección de los cultivos, deben requerir de un estudio de impacto ambiental para cada área específica a trabajar. En el área de estudio las condiciones físicas de este (pendiente, magnitud de las precipitaciones, tipo de suelos) desaconsejaban tanto el tipo de cultivo como la técnica empleada. lo que es avalado por los resultados del estudio.

De todo lo anterior se puede concluir para el área de estudio una pérdida de la productividad, de acuerdo a información entregada por la municipalidad de Casablanca, hoy ya se estaría produciendo este escenario, elevándose los costos de producción. al tratar de evitar los procesos de remoción en las laderas. Por tanto si se decidiese discontinuar el cultivo de vid y se dejase el área abandonada, pudiese ser que esta nunca más pueda volver a sostener algún tipo de vegetación, produciéndose un proceso de desertización.

De expandirse la actividad agrícola del cultivo de la vid en otras laderas de condiciones similares en La Cuenca de Lo Orozco, se puede concluir que se producirán los mismos resultados, produciéndose pérdida de suelos y luego acarcavamiento de los terrenos, hoy las laderas de La Cuenca con vegetación nativa, a futuro podrían presentar un aspecto como el de otras áreas de la comuna de Casablanca, con suelos desnudos totalmente erosionados en un paisaje semidesértico, como Lagunillas o Lo Orrego.

Bibliografía

ALMOROX ALONSO, JAVIER /1994/ *Métodos de estimación de la erosión hídrica*

BIROT, PIERRE /1962/ *Tratado de Geografía Física genera / Editorial Vicens-Vives / Barcelona*

BOUYOUCOS, G./ 1962/ *Hidrometer meted improved form making particle size analices if soils / Agronomy Journal/ Vol 544:464-465.*

DERRAU, MAX /1970/ *Geomorfología / Ediciones Ariel, S.A/ . Barcelona*

FOLK, R. /1974/ *Petrology of Sedimentary Rocks/ Hempill, Pub. Co. Austin, Texas. 82 pp.*

FOUCALT, A; RAUOLT, J. F. / 1985/ *Diccionario de Geología / Editorial Maison S.A./ 365 paginas.*

- FOURNIER, F. /1975/ *Conservación de suelos* /Ediciones Mundi Prensa / Madrid.
- GATICA MUÑOZ, CESAR / 1999/ *Diccionario de geología y Ciencias afines* / Editorial Jurídica Conosur / 425 paginas.
- HUDSON, NORMAN /1982. /*Conservación de suelos* / Editorial Reverté, S.A.
- MIRANDA, SERGIO /1994/ *Aproximación a los modelos geoestadísticos, para el cálculo de la erosión superficial en sistema insulares oceánico.* / Tesis para optar al título de Geógrafo Universidad de Playa Ancha/ Valparaíso / pag
- MORGAN. R. P. C /1995/ *Erosión y conservación del suelo N*; versión en español de P. URBANO Terrón y J.
- PERLES R., MARIA J. /1997/ *Medir la erosión: fragilidad erosiva en el valle del río Vés* /
- PORTA CASANELLAS, JAIME /1999/ *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* /
- SERRA, RODRIGO / 1997. *Identificación de áreas de riesgo asociadas a procesos remocivos en las cuencas hidrológicas de bahía Cumberland* / Tesis para optar al título de Geógrafo Universidad de Playa Ancha / Valparaíso
- STRAHLER, ARTHUR/ 1989/. *Geografía Física.* / Tercera edición / Ediciones Omega.
- UNIVERSIDAD DE CHILE /1990/ *Métodos de Análisis de suelos* / Santiago estación experimental la platina/ 130p.
- WENTWORTH, C.K./1922/ A scale of grade and class terms for clastic sediments/ *Journal of Geology*, 30:377-392.