



**UNIVERSIDAD DE TALCA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**EVALUACIÓN CUANTITATIVA  
DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL  
EN SUELOS DESNUDOS DE LA  
PRECORDILLERA ANDINA Y VALLE  
CENTRAL DE LA VII REGIÓN**

HERNÁN CLAUDIO CUITIÑO MARTÍNEZ

Tesis para optar al grado de:  
LICENCIADO EN CIENCIAS FORESTALES

Profesor Guía: Dr. ING. ROBERTO PIZARRO TAPIA  
Profesor Colaborador: Prof. PATRICIO GONZÁLEZ COLVILLE

TALCA - CHILE  
1999



**UNIVERSIDAD DE TALCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

*El alumno Sr. Hernán Claudio Cuitiño Martínez, ha realizado la Tesis “EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA EROSIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL EN SUELOS DESNUDOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA Y VALLE CENTRAL DE LA VII REGIÓN ” como uno de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales con Don Roberto Pizarro Tapia, como profesor guía.*

**La comisión de calificación constituida por los profesores Señores: Roberto Pizarro Tapia, Carlos Mena Frau y Juan Franco de la Jara, evaluó con un 6,7 ( seis coma siete) como nota promedio.**

**TALCA-CHILE**  
**1999**

  
**MAURICIO PONCE DONOSO**

## ***DEDICATORIA***

**Este trabajo quiero dedicarlo a mis padres que gracias a su esfuerzo y entrega me dieron la oportunidad de llegar a ser un profesional.**

**A mi esposa y mi hijo, cuyo cariño y amor me permitieron levantarme en los momentos de aflicción.**

**A todos aquellos profesionales que dedican su trabajo a estudiar el problema de la erosión de los suelos, en búsqueda de soluciones con el objetivo de preservar uno de los recursos fundamentales para el desarrollo y calidad de vida de las poblaciones rurales de nuestro país.**

***“La curiosidad y la exploración  
son necesidades para el  
desarrollo del conocimiento y  
del ser humano”***

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi profesor guía Don Roberto Pizarro, que gracias a su apoyo y confianza depositada en mi para desarrollar este estudio, he logrado concluir la tarea comenzada.**

**A mis hermanos por la ayuda prestada en todo momento.**

**A mis suegros por su apoyo.**

**A los profesores de la Escuela de Agronomía don Fernando Pinochet y Patricio González.**

**A la biblioteca del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas del Ministerio de Educación de Chile, por la información proporcionada.**

**A la dirección de Investigación de la Universidad de Talca, que gracias a su aporte económico fue posible realizar esta investigación.**

**A mis compañeros de trabajo de BANESTADO MICROEMPRESAS S.A., por las ayudas prestadas y facilidades otorgadas para realizar mi proyecto de tesis.**

**Al Centro de Investigación de Recursos Naturales CIREN CORFO, por su muy buena acogida a la ayuda solicitada en su oportunidad.**

**A Don José cuidador del predio El Picazo.**

# ÍNDICE

## RESUMEN

## SUMMARY

|   |    |
|---|----|
| 1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1  |
| 2. <b>OBJETIVOS</b> .....   | 3  |
| 3. <b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                    | 4  |
| 3.1 Definición y Conceptos De Erosión Hídrica.....                        | 4  |
| 3.2 Mecánica De La Erosión Hídrica.....                                   | 5  |
| 3.2.1 Acción De Las Precipitaciones.....                                  | 5  |
| 3.2.2 Acción del Escurrimiento.....                                       | 6  |
| 3.3 Formas De Erosión Hídrica.....  | 8  |
| 3.3.1 Erosión Laminar.....  | 8  |
| 3.3.2 Erosión por Surcos.....   | 9  |
| 3.3.3 Erosión de Cárcavas o Barrancos.....                                | 10 |
| 3.4 Factores Que Tienen Efecto Sobre Los Procesos De Erosión Hídrica..... | 10 |
| 3.4.1 Precipitaciones.....  | 10 |
| 3.4.2 Suelo.....  | 11 |
| 3.4.3 Relieve.....  | 12 |
| 3.4.4 Vegetación.....   | 13 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5 Erosión en Chile.....                                    | 14        |
| 3.5.1 Antecedentes Generales.....                            | 14        |
| 3.5.2 Estudios Forestales Sobre Erosión.....                 | 16        |
| 3.5.3 Causas y Consecuencias de la Erosión en Chile.....     | 18        |
| <b>4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>                        | <b>19</b> |
| 4.1 Actividades de Trabajo.....                              | 19        |
| 4.2 Metodología y Descripción de las Actividades.....        | 19        |
| 4.2.1 Lugar de Emplazamiento de las Parcelas.....            | 19        |
| 4.2.1.1 Estación Experimental Panguilemo .....               | 20        |
| 4.2.1.2 Estación Experimental Picazo .....                   | 20        |
| 4.2.2 Características de las Parcelas.....                   | 23        |
| 4.2.3 Medición en Clavos de Erosión.....                     | 25        |
| 4.2.4 Cuantificación de la Erosión Hídrica Superficial ..... | 26        |
| 4.2.5 Información Pluviométrica.....                         | 26        |
| 4.2.6 Análisis Estadístico de Los Resultados.....            | 27        |
| <b>5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>                | <b>31</b> |
| 5.1 Conceptos Previos.....                                   | 31        |
| 5.2 Presentación de Resultados.....                          | 39        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.2.1     | Resultados Predio Picazo.....  | 39        |
| 5.2.1.1   | Medias Totales Predio Picazo.....  | 39        |
| 5.2.1.2   | Determinación de Diferencias de Medias entre Parcelas del Predio Picazo.....                   | 42        |
| 5.2.1.3   | Relaciones Matemáticas Dinámica de Suelo v/s Precipitación total por períodos de medición..... | 44        |
| 5.2.2     | Resultados Predio Panguilemo.....  | 46        |
| 5.2.2.1   | Medias Totales Predio Panguilemo.....  | 46        |
| 5.2.2.2   | Determinación de Diferencias de Medias entre Parcelas del Predio Panguilemo.....               | 48        |
| 5.2.2.3   | Relaciones Matemáticas Dinámica de Suelo v/s Precipitación total por períodos de medición..... | 49        |
| 5.2.3     | Comparación de Medias entre Predio Picazo y Predio Panguilemo.....                             | 50        |
| <b>6.</b> | <b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>   | <b>52</b> |
| 6.1       | Resultados Predio Picazo y Panguilemo.....   | 52        |
| 6.1.1     | Resultados Predio Picazo .....   | 52        |
| 6.1.2     | Resultados Predio Panguilemo .....   | 54        |
| 6.2       | Comparación Resultados Predio Picazo y Predio Panguilemo.....                                  | 54        |
| 6.3       | Consideraciones Prácticas de la Metodología de los Clavos de Erosión.....                      | 58        |
| <b>7.</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>8.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>62</b> |
|           | <b>ANEXOS</b>  |           |

## **RESUMEN**

El problema de la erosión hídrica en Chile es considerado uno de los problemas ambientales más significativos en el sector silvoagropecuario. Este problema, además, está asociado a la pauperización social y migración de las poblaciones rurales. Sin embargo los estudios referente al tema son escasos.

El presente estudio cuantifica la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la VII Región de Chile, en dos situaciones, Precordillera Andina y Valle Central, para lo cual se utilizó dos predios de propiedad de la Universidad de Talca, a saber predio *Picazo* y predio *Panguilemo*. El método experimental que se empleó corresponde al denominado de "*Parcelas con clavos de erosión*". De esta forma se logró cuantificar y comparar (estadísticamente) los resultados de la erosión hídrica producida en las situaciones mencionadas. Este estudio introduce nuevos conceptos como el definido como erosión neta.

El método de los clavos de erosión consideró la instalación de tres parcelas en cada situación con dimensiones de 10 metros de largo por 1,2 metros de ancho, en las cuales se dispusieron 140 clavos de erosión. Las parcelas fueron colocadas en condiciones de suelo desnudo, con pendiente entre 5% y 10% y en posición de ladera media (longitud promedio de ladera 50 m).

Las mediciones en el predio *Picazo* fueron realizadas desde el mes de Junio al mes Diciembre de 1997, en un año en que se presentaron alteraciones climáticas producto del fenómeno del "Niño". Los resultados señalan que la erosión neta media del predio *Picazo* fue de 31,2 ton/ha, el suelo movilizado medio fue de 58,2 ton/ha, la erosión media de 44,7 ton/ha y finalmente la Sedimentación media alcanzó a 13,5 ton/ha, para una precipitación medida de 1477 mm. En el predio *Panguilemo* las mediciones fueron realizadas desde el mes de Julio al mes de Diciembre de 1997. La erosión neta media registrada en el predio fue de 26,4 ton/ha, el suelo movilizado medio fue de 38,8 ton/ha, la erosión media es de 32,6 ton/ha y finalmente la sedimentación media alcanzó a 6,2 ton/ha, para una precipitación de 372,2 mm.

La comparación estadística entre las situaciones (en milímetros) llevo a adaptar los resultados del predio *Picazo* al mismo lapso de tiempo en que se realizaron las mediciones en el predio *Panguilemo*, no encontrándose diferencias entre los resultados medios de los procesos de erosión neta media, suelo movilizado medio, erosión media y sedimentación media. Esto último ha llevado a que no solo se deben considerar los resultados medios finales, sino que también las variaciones experimentadas entre un período de medición y otro. De esta forma se señala que en el predio *Picazo* las variaciones en cada proceso fueron mayores que las variaciones registradas en los procesos en el predio *Panguilemo*, señalando desde este punto de vista, que las situaciones estudiadas son diferentes.

Como se ha señalado, este estudio ha introducido el concepto de erosión neta que considera las pérdidas y entradas de suelo que se producen en la parcela, con lo cual se ha logrado evitar una sobre estimación del problema de la erosión hídrica en cerca de un 30% en el predio *Picazo* y de un 20% en el predio *Panguilemo*, permitiendo visualizar este problema desde una perspectiva más real.

## SUMMARY

The problem of the water soil erosion in Chile is considered one of the most significant environmental problems in the sector agriculture and forestry. This problem, also, this associated with the social impoverishment and migration of the rural populations. However the studies with respect to the topic are scarce.

The present study quantifies the water superficial soil erosion in naked floors of the VII Region from Chile, in two situations, Andean Precordillera and Central Valley, for which he/she/it/you was used two predict you of property of the University of Talca, that is state Picazo and estate Panguilemo. The experimental method that was used correspond to the denominated of "Parcels with nails of erosion." he in this way was been able to quantify and compare the results of the water soil erosion produced in the mentioned situations. This study introduces new concepts like the defined like net erosion.

The method of the nails of erosion considered the installation of three parcels in each situation with dimension of 10 long meters for 1.2 wide meters, in which 140 nails of erosion were provided. The parcels were placed in conditions of naked floor, with slope between 5% and 10% and in position of half hillside (longitude average of hillside 50 m).

The mensurations in the estate Picazo were carried out December of 1997 from the month of June to the month, in a year in which they came alterations climatic product of the phenomenon of the "Boy." The results point out that the net half erosion of the estate Picazo was from 31.2 ton/ha, the mobilized half floor was from 58.2 ton/ha, the half erosion of 44.7 ton/ha and finally the deposition stocking reached to 13.5 ton/ha, for a measured precipitation of 1477 mm. In the estate Panguilemo the mensurations were carried out from the month of July to the month of December of 1997. The erosion net stocking registered in the estate was from 26.4 ton/ha the mobilized half floor was from 38.8 ton/ha, the half erosion is of 32.6 ton/ha and finally the half deposition reached to 6.2 ton/ha, for a precipitation of 372.2 mm.

The statistical comparison between the situations (heights mediate in millimeters) lead to adapt the results of the estate Picazo to the same lapse of time in which they were carried out the mensurations in the estate Panguilemo not being differences between the results means of the processes of net half erosion, mobilized half floor, half erosion and half deposition. This last it have led to conclude that don't sole should consider the results final means, but rather also the variations experienced between a period of mensuration and another. You in this way are pointed out that in the estate Picazo the variations in each process were old that the variations registered in the processes in the estate Panguilemo, pointing out from this point of view, that the studied situations are different.

How it have been indicated previously this study has introduced the concept of net erosion, which considers the losses and entrances from floor that they take place in the parcel, allowing to avoid a overestimation of the problem of the water soil erosion in near a 30% in the estate Picazo and of a 20% in the estate Panguilemo, visualizing this problem from a realler perspective.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La potencialidad de un país puede valorarse básicamente por los recursos naturales que posee y la forma en que están siendo aprovechados cada uno de ellos. Entre las riquezas naturales más importantes y más explotadas se encuentra el suelo.

Según Soto (1998), la degradación de las tierras áridas y semiáridas de Chile, unida a la pobreza de los productores rurales que las habitan, constituye uno de los problemas socio-ambientales más serios de nuestro país.

En este marco Fournier, citado por López *et al* (1984), señala que las pérdidas medias de suelo por erosión hídrica son las más altas del mundo en Africa y América del Sur, con valores que exceden las 700 ton/Km<sup>2</sup>/año.

En Chile el último estudio importante al respecto lo ejecutó IREN en 1979, el cual comprende un prediagnóstico que abarca un área equivalente al 46 % de la superficie continental del país. Este determinó que los niveles de erosión grave y muy grave alcanzan el 33,5 % de la superficie estudiada.

Actualmente las evaluaciones de erosión, en lo que respecta al sector forestal, están abocadas a estudios de casos particulares, en los cuales se han medido o estimado las pérdidas de suelo, la escorrentía superficial y, excepcionalmente, las mermas de nutrientes ocurridas en determinadas situaciones.

Por ende, la falta de información cuantitativa sobre el tema de la erosión en Chile es un problema evidente y, con un atraso de 30 años en este tipo de estudios con respecto a otros países (Dourojeanni, 1997). Luego, el planteamiento de instaurar estudios dirigidos hacia la cuantificación del grado de erosión, es una necesidad creciente cuyo propósito es facilitar la toma de decisiones, lograr el manejo sustentable del recurso suelo y el aumento de la calidad de vida de la población rural, que basa su economía en este recurso.

La medición del grado de erosión puede ser hecha a través de los métodos teóricos o empíricos y los modelos experimentales.

Dentro de los primeros, el método más utilizado ha sido la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, además de los métodos de F. Fournier, de Djorovic, Fleming y otros. Sin embargo, estos métodos plantean el problema de que poseen valores paramétricos difíciles de estimar en nuestro país. Además, estos métodos no han sido validados para el país, lo cual puede llevar a estimaciones erróneas de erosión.

En relación a los modelos experimentales, los más conocidos son las parcelas de escurrimiento y las parcelas con clavos de erosión. Las parcelas de escurrimiento involucran la captación del caudal líquido y sólido, pero son difíciles de implementar por costos y tecnología. La ventaja de las parcelas con clavos de erosión es que son muy sencillas de aplicar y presentan un alto grado de precisión.

En función de lo expuesto, este estudio pretende contribuir a la evaluación cuantitativa de la erosión hídrica en suelos desnudos de la precordillera andina y en suelos desnudos del valle central, mediante la aplicación de parcelas con clavos de erosión.

## **2.- OBJETIVOS**

### **2.1 Descripción de los Objetivos.**

#### **2.1.1 Objetivo General.**

*Aportar al conocimiento cuantitativo del problema de la erosión hídrica en suelos desnudos de la VII región de Chile.*

#### **2.1.2 Objetivos Específicos.**

*2.1.2.1. Estimar en forma cuantitativa el grado de erosión hídrica superficial en suelos sin cobertura vegetal en la precordillera andina y en el valle central de la VII región.*

*2.1.2.2. Establecer, estadísticamente, una comparación entre el nivel de erosión en la precordillera andina y el valle central de la VII región.*

### **2.2. Hipótesis de Trabajo.**

*Es posible obtener un grado importante de conocimiento cuantitativo del proceso erosivo en suelos desnudos de la VII Región, mediante el establecimiento de parcelas de clavos de erosión.*

### 3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Definición y Conceptos de Erosión Hídrica.

La erosión en sentido estricto es el desgaste de la superficie terrestre por la acción de agentes externos como el agua y el viento (Mintegui y López, 1990).

La erosión es considerada como una de las formas de degradación de los suelos, comprendiendo el deterioro físico, químico y de las propiedades biológicas del suelo ( Young, 1989).

Toro (1994), señala además que la erosión como proceso natural es un fenómeno que se ha desarrollado hace miles de millones de años; esta **erosión geológica** ha contribuido a modelar paisajes y a rebajar el relieve continental, alcanzando diversos ciclos geológicos. Es así como se establece un equilibrio entre la erosión del suelo y la formación de nuevas tierras, que prevalece bajo condiciones naturales, lo cual fue alterado en el momento mismo en que el hombre empezó a cultivar la tierra para procurarse alimentos. De esta manera surge el concepto de **pérdida tolerable de suelo**, el que se define como “ la cantidad máxima de pérdida de suelo que puede permitirse para que un cultivo se sostenga económicamente de forma indefinida” (Wischmeier y Smith 1978).

Según Alvarez (1986), la velocidad de destrucción y del arrastre de un suelo como resultado de su uso, puede ser tolerable o peligrosa si es equivalente o superior a la velocidad de su proceso natural de formación. En este sentido Toro (1994), señala que la formación de un solo centímetro de suelo demora, en algunos casos, más de 500 años, lo cual llevado a la escala de tiempo humano, lo constituye en un recurso no renovable.

Los distintos suelos poseen una pérdida tolerable la cual puede variar de 2 a 13 ton/ha/año sin producir problemas significativos. El valor admisible de 13 ton/ha/año corresponde a un suelo derivado de cenizas volcánicas o material sedimentario, permeable, profundo y plano, y el valor 2 ton/ha/año, a un suelo delgado derivado de rocas ígneas y con pendiente (Alvarez, 1986).

**La erosión acelerada** es el proceso de degradación que induce el hombre en los suelos, a través de prácticas incorrectas de uso y manejo (Peña, 1994).

Por otra parte, **la erosión hídrica** consiste en el proceso de disgregación y transporte de partículas del suelo por acción del agua. El ciclo completo de la erosión culmina con el depósito de los materiales transportados por la corriente en áreas de sedimentación, cuando la capacidad de arrastre de las aguas se reduce hasta el punto de no permitir la continuación en el flujo de las partículas terrosas previamente incorporadas al mismo (Míntegui y López, 1990).

### **3.2. Mecánica de la Erosión Hídrica.**

El ataque del agua al suelo puede realizarse superficialmente o en profundidad de su perfil. En el primer caso las partículas son arrastradas de manera aislada; en el segundo, masivamente (Míntegui y López, 1990).

González del Tánago (1991), señala que la acción erosiva de las aguas viene a ser efecto de la energía desarrollada por su movimiento a medida que las gotas caen hacia la tierra en forma de lluvia, disgregando las partículas de suelo y compactando su superficie o fluyendo sobre ella en forma de escorrentía superficial, cuando se supera la capacidad de infiltración de él. Por esta razón se debe distinguir entre la acción de las precipitaciones y la del escurrido.

#### **3.2.1 Acción de las precipitaciones.**

Esta consiste en el efecto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo, lo que se denomina erosión por salpicadura. La gota de lluvia cuando cae a través de la atmósfera, sufre cambios en su tamaño, aumentando o disminuyendo por condensación o evaporación. Esta desciende por acción de la gravedad, frenando su caída la resistencia que le ofrece el aire. En ausencia de obstáculos golpea el suelo con considerable fuerza, disgregando las partículas terrosas y proyectándolas en el aire. Son las lluvias violentas las de mayor poder destructor; las lluvias finas y lentas son poco erosivas (Míntegui y López, 1990).

La tremenda energía de una tormenta intensa cayendo sobre un suelo desnudo provoca en él una serie de efectos como son, además de los antes señalados, la compactación y sellado de la superficie, lo cual la impermeabiliza en pocos minutos. La disgregación de los terrones y agregados forma partículas finas, susceptibles de ser transportadas por el flujo superficial (Dourojoreanni, 1967).

### **3.2.2 Acción del escurrido.**

Mintegui y López (1990), señalan que la formación del escurrido superficial dependerá del régimen de precipitaciones y de las características hidrológicas del suelo. Si estas características permiten en todo momento la infiltración de una cantidad de agua superior o igual a la que aporta la precipitación, no se producirá ninguna corriente superficial; en caso contrario se formará en la superficie una lámina de agua que puede llegar a ponerse en movimiento a causa de la pendiente del terreno. Señalan además, que la acción del escurrido se manifiesta en dos aspectos: disgregando los elementos terrosos y, al mismo tiempo, transportando a otros lugares aquellas partículas de tierra que por su tamaño y forma son susceptibles de arrastre. El primer efecto se debe principalmente a la fricción o choque de las partículas de agua con los elementos terrosos de la superficie del suelo, contribuyendo notablemente a incrementar este efecto las partículas sólidas transportadas por la corriente. Esta acción del escurrido, juntamente con el impacto de las gotas de lluvia y los diferentes procesos de meteorización, constituyen la primera fase de la erosión o formación de elementos susceptibles de ser transportados.

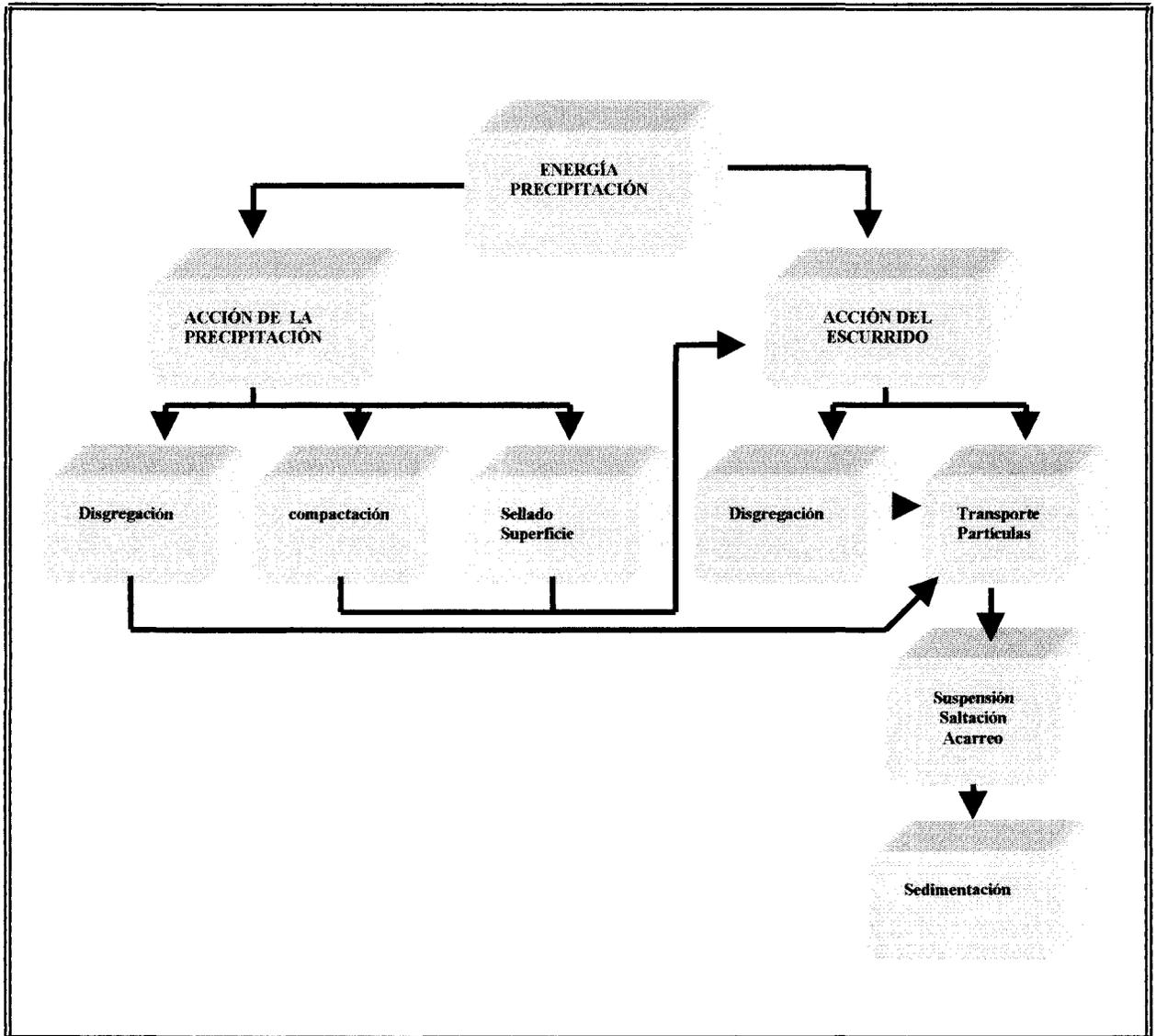
El transporte del material sólido se realiza de una de las tres formas siguientes :

- Suspensión en donde los materiales son arrastrados por la corriente sin tocar el fondo.
- Saltación en donde los materiales avanzan a saltos sucesivos, describiendo trayectorias discontinuas tanto en el espacio como en el tiempo.
- Acarreos en donde los materiales ruedan o deslizan sobre el fondo.

Finalmente, los materiales desplazados por la gota de lluvia o llevados por el agua de escurrimiento, son transportados durante un período variable y después son depositados en las partes más bajas debido a cambios en la velocidad del agua o a cambios en la pendiente. Decantan primero las partículas más gruesas y pesadas, y luego las partículas más finas, las cuales son llevadas a mayor distancia.

La figura siguiente resume la mecánica de la erosión hídrica:

**FIGURA Nº 1  
MECÁNICA DE LA EROSIÓN HÍDRICA**



**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

### 3.3. Formas de Erosión Hídrica.

Las dos formas de actuar del agua sobre el suelo son las erosiones superficiales y los movimientos en masa. Con respecto a las formas de erosión en superficie, éstas son las siguientes :

#### 3.3.1. Erosión laminar.

Se manifiesta por la remoción de delgadas capas del suelo extendida más o menos uniformemente a toda la superficie. Resulta de la disgregación de los elementos terrosos por el impacto de las gotas de lluvia y por la escorrentía. De este modo, el conjunto agua-tierra discurre a lo largo de las pendientes como una lámina, y el suelo se va degradando por capas sucesivas (Aguiló *et al*, 1984).

Es altamente perjudicial, ya que es la causa de grandes aportaciones de sedimentos a los cursos de agua; además, por afectar a las partículas más finas de la tierra, su pérdida significa un notable empobrecimiento de la fertilidad del suelo (Mintegui y López, 1990).

IREN (1965), citado por Carrasco (1996), señala para este tipo de erosión cinco categorías :

**a) Erosión no aparente :** Usualmente está circunscrita a regiones planas o semi planas, donde se sabe de la existencia de pérdida de suelo, pero es imposible detectarla. El porcentaje de pérdida de suelo puede variar entre 0% y 20 %.

**b) Erosión ligera :** Se observan cambios de color en el suelo superficial, diferencias en el desarrollo de las plantas que forman la cobertura vegetal, presencia de piedras en la superficie del suelo y presencia de algunos pedestales de erosión. El porcentaje de suelo perdido puede variar entre 20% y 40 %.

**c) Erosión moderada :** Las características anteriores se acentúan. El porcentaje de suelo perdido puede variar entre 40% y 60 %.

**d) Erosión severa :** Es visible gran parte del sub-suelo. El porcentaje de suelo perdido puede variar entre 60% y 80 %.

**e) Erosión muy severa :** En estas áreas, solamente retazos mínimos revelan que hubo suelo en la zona. Sólo se presenta a la vista el subsuelo y en muchas áreas ya está visiblemente presente el material de origen. El porcentaje de suelo perdido puede variar entre 80% y 100 %.

La ley 19.561 que modifica el Decreto Ley 701, de 1974, define como erosión moderada a aquella en que los suelos presentan signos claros de movimiento y arrastre de partículas del manto y surcos, y como erosión severa aquella en que los suelos presentan un proceso activo de movimiento y arrastre de partículas de manto y cárcavas ( Conaf, 1998).

### **3.3.2. Erosión por surcos o regueros.**

Se manifiesta por el arrastre de elementos terrosos al correr el agua por la superficie del suelo, ocasionando la formación de surcos o regueros orientados, más o menos normalmente, a las curvas de nivel. La formación de estos regueros ocurre cuando el agua no escurre uniformemente por toda la superficie, sino que corre concentrada en corrientes de una potencia erosiva capaz de abrir pequeñas incisiones en el suelo (Aguiló *et al*, 1984).

Las categorías señaladas por IREN (1965), citado por Carrasco (1996), son las siguientes:

**a) Ocasionales :** Se pueden encontrar uno o dos surcos, como máximo por hectárea. Hay que observar si son cruzables por los instrumentos de labranza o no.

**b) Frecuentes :** Pueden considerarse como área de surcos frecuentes si se encuentran cada 10 a 20 metros de separación. Hay que observar el grado de actividad y si son cruzables por los elementos de labranza o no.

**c) Muy frecuentes :** Es un área totalmente cubierta de surcos, y casi todos activos.

### 3.3.3. Erosión en cárcavas o barrancos.

Se manifiestan por profundas incisiones en el terreno, originadas generalmente cuando existe una gran concentración de escorrentía en alguna zona determinada (Aguiló *et al*, 1984).

## 3.4. Factores que tienen Efecto sobre los Procesos de Erosión Hídrica.

### 3.4.1. Precipitación.

Para que la erosión se produzca es necesario que exista una fuente de energía. Esta fuente de energía es la lluvia. La erosión o transporte del suelo por el agua, es el trabajo o resultado del efecto de la energía aplicada por la lluvia, y sólo se produce de forma significativa, cuando las condiciones que modifican la acción son favorables para que exista escorrentía.

Según López y Blanco (1968), **la intensidad, duración y frecuencia** de los aguaceros son las características de la precipitación de mayor significado en la erosión.

Cuando la intensidad es superior a la capacidad de infiltración del suelo, se formará un escurrido superficial el cual es el promotor de las erosiones, cuyos efectos revestirán una mayor o menor importancia según el tiempo de duración del fenómeno, ya que la escorrentía que se forma alcanza volumen (masa) y velocidad, que le dan mayor poder erosivo. Por otra parte, el impacto de las gotas de lluvia tendrá mayores efectos erosivos para lluvias violentas, es decir, para lluvias de intensidades elevadas, debido a que las gotas serán de mayor tamaño y precipitarán a mayor velocidad, lo cual implica un golpe al suelo de mayor fuerza disgregadora y proyectadora de partículas terrosas.

La frecuencia de las lluvias ejerce influencia en el fenómeno erosivo debido a sus repercusiones en el estado de humedad del suelo. Si los intervalos entre períodos de lluvia son cortos, el contenido de humedad del suelo es elevado al iniciarse una nueva lluvia y ésta puede generar escorrentía, aunque su intensidad sea baja. Por el contrario, si los intervalos

citados son largos, el suelo se llegará a secar, retardándose la formación de escorrentía superficial e incluso puede que no llegue a existir si la intensidad de la lluvia es baja.

### **3.4.2. Suelo.**

Es interesante conocer las propiedades o componentes del suelo, que juegan un papel más relevante en el proceso de erosión hídrica.

**a) Textura :** La textura ofrece aspectos distintos en su relación con los fenómenos erosivos, según se trate del tipo de textura que presenta un suelo. Una textura arenosa, al tener gran porosidad y mientras la lluvia no alcance cierta intensidad, absorberá toda el agua que reciba y, por lo tanto, en ausencia de escorrentía no sufrirá erosión. Por el contrario, al poseer bajo porcentaje de partículas arcillosas que ligen y mantengan unidas a las partículas elementales, cualquier corriente superficial arrastraría cantidades apreciables de suelo. En un suelo arcilloso durante una lluvia normal, el pequeño grado de porosidad hará que gran parte de las aguas no se infiltre, motivando una escorrentía superficial que puede ser causa de erosiones notables. A su vez, estos suelos poseen gran capacidad de retención de agua además de la existencia de agregados o partículas, cuyo mayor tamaño los hará no susceptibles de ser arrastrados (López y Blanco, 1968).

González del Tánago (1991) señala que los suelos más erosionables corresponden a texturas intermedias, en que la fracción de limos es más abundante, considerando que los suelos con un porcentaje de arcilla superior al 30% son poco erosionables. La disminución de la fracción de limo aumenta la resistencia a la erosión, ya sea por un aumento del porcentaje de elementos más finos (arcillas) que aumentan la cohesión del suelo, o por el aumento del porcentaje de los elementos más gruesos (arenas), con lo que se mejoran las condiciones de infiltración y se retrasa la aparición de escorrentía superficial.

**b) Estructura :** Es de gran importancia ya que incide, por una parte, en la infiltración y por otra, en la resistencia de las partículas a ser acarreadas. Uno de los factores que más aumenta la resistencia a la dispersión es la materia orgánica abundante.

Entre las distintas estructuras del suelo, la más favorable es la granular, por la facilidad de infiltración que disminuye la escorrentía y por lo tanto la fuerza de arrastre. Asimismo, la escorrentía se ve disminuida por la resistencia a ser arrastrados de los agregados, gracias a su mayor tamaño, y a la resistencia a ser dispersados por el golpeteo de la lluvia (Ramos *et al*, 1981).

**c) Espesor del suelo :** Se ha comprobado la existencia de una relación entre el espesor y la erosión del suelo. A menor espesor, mayor erosión, y consecuentemente también es cierta la relación inversa. A menor espesor de suelo corresponde también una menor capacidad de almacenamiento de agua y menor desarrollo de la vegetación, por lo tanto existirá una menor defensa al impacto de las gotas de lluvia y una mayor escorrentía que arrastre lo disgregado (Ramos *et al*, 1981).

**d) Permeabilidad :** La permeabilidad del suelo se dejará sentir sólo cuando se produzcan lluvias de suficiente intensidad y duración, para que el agua infiltrada sature los horizontes superiores, aumentando la escorrentía superficial (Ramos *et al*, 1981).

### 3.4.3. Relieve.

La potencia erosiva del flujo superficial y su capacidad de transporte, son función de la densidad de las aguas y de la velocidad con que éstas se mueven. A su vez, esta velocidad es mayor cuanto más grande sean la altura del flujo y el grado de pendiente del terreno. La relación que se establece entre la pendiente y la erosión es que a mayor pendiente, mayor pérdida de suelo (López y Blanco, 1968).

Según Horton (1945), citado por González del Tánago (1991), tanto la pendiente como su longitud influyen considerablemente en las tasas de erosión de un suelo. Respecto a la longitud del declive, los fenómenos erosivos se manifiestan con mayor intensidad en las partes altas. Por otra parte, la sedimentación se verifica como proceso dominante, en la parte más baja de la ladera, donde en general disminuye su pendiente.

#### 3.4.4. Vegetación.

Según Mintegui y López (1990), la influencia de la vegetación en el fenómeno erosivo posee diferentes causas:

a) Protege el suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, pues gracias al efecto de frenado a que les somete, contribuye a disminuir su energía y en consecuencia su poder erosivo.

b) Contribuye a disminuir la escorrentía superficial debido a dos efectos; por un lado aumenta la capacidad de infiltración del suelo, y por otro disminuye la velocidad de la escorrentía superficial. En este último aspecto, se considera que la velocidad del agua en una ladera cubierta de vegetación, con buena espesura, es del orden de la cuarta parte de la velocidad que existiría en esa misma ladera pero con el suelo desnudo.

c) Las raíces de la cubierta vegetal ayudan al suelo a no disgregarse.

La influencia que ejerce la vegetación sobre la escorrentía fue estudiada en Italia por Rossi *et al* (1994), citado por Pizarro (1996), a través de experiencias en las cuales midieron, a partir de una precipitación, el comienzo de la escorrentía y el comportamiento del suelo desnudo con respecto a un suelo cubierto por cultivos de maíz. La experiencia se desarrolló a partir de 8 parcelas con un 15 % de pendiente. Los resultados obtenidos han demostrado que la cobertura vegetal disminuye la escorrentía y la erosión del suelo, dado que en suelo desnudo se alcanzó una escorrentía de 11 mm contra 1,7 mm del suelo cubierto por vegetación.

### **3.5. Erosión en Chile.**

#### **3.5.1. Antecedentes generales.**

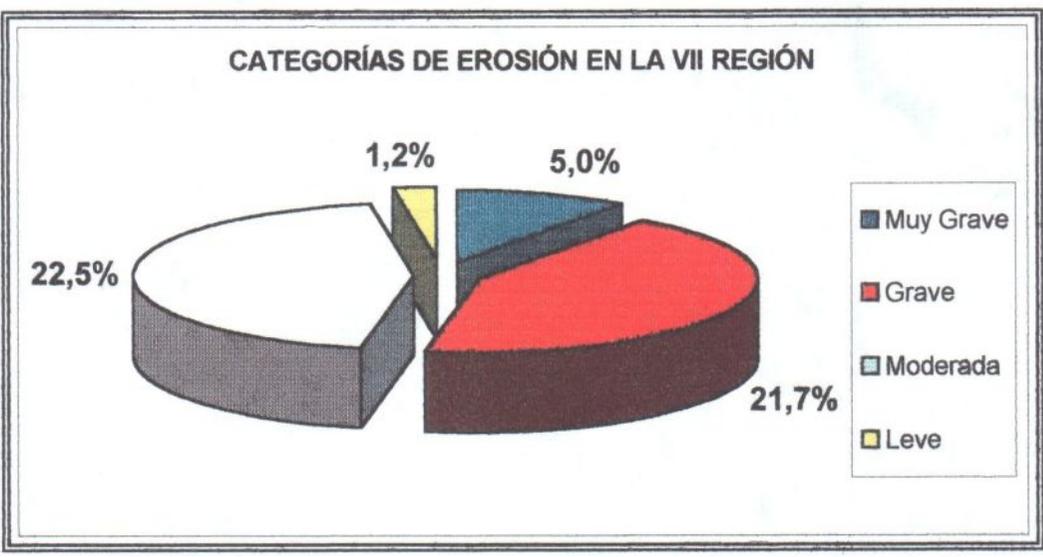
Según FAO (1992), en Chile la mayoría de los antecedentes sobre erosión han sido obtenidos indirectamente en los reconocimientos de suelo efectuados a través de los factores limitantes establecidos para la caracterización y clasificación de los mismos, o bien de apreciaciones sobre fragilidad de ecosistemas naturales.

IREN, en el año 1965 realizó un estudio sobre la “Evaluación de la Erosión de la Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín”, en el cual se determinó que el 59 % de una superficie cercana a los cinco millones de hectáreas presentaba erosión moderada a muy severa.

El último estudio al respecto lo realizó IREN (1979), citado por Mancilla (1996), abarcando un área equivalente al 46 % de la superficie continental del país (34.490.753 ha) y el cual incluye desde la primera a la decimosegunda regiones. De la superficie estudiada, aproximadamente un 78,5 % presenta niveles de erosión moderados a muy graves.

El estudio señalado indica para la VII Región, que un 51% de la superficie regional se encuentra erosionado, correspondiendo a un 49,2% niveles de erosión moderados a muy graves (superficie de la VII Región 3.051.000 ha). El gráfico siguiente muestra las categorías de erosión que afectan a la superficie regional.

### GRÁFICO N° 1



FUENTE: IREN 1979, CITADO POR MANCILLA 1996.

Entre los estudios recientes se puede mencionar el realizado por el proyecto EULA-Universidad de Concepción (1992), citado por Carrasco (1994), en la cuenca del Bío Bío, el cual demostró que de una superficie de 2.402.900 de hectáreas que tiene la hoya hidrográfica, está erosionado el 48 % (1.153.0321 ha).

A pesar de la magnitud del problema, la investigación que se ha realizado sobre el tema es escasa, y la mayoría de las experiencias se han hecho en suelos de uso agrícola, ya que las realizadas en los de aptitud forestal son mínimas (Carrasco, 1994 ). Asimismo, estas experiencias no han sido realizadas en forma sistemática y bajo criterios uniformes, correspondientes a las metodologías aplicadas en la evaluación del fenómeno erosivo.

### 3.5.2 Estudios Forestales sobre Erosión.

En suelos forestales de la VIII Región, la Universidad de Concepción (1973), citado por Carrasco (1996), registra pérdidas de suelo del orden de 34,4 ton/ha en suelo desnudo, franco limoso, arado y rastreado, con pendiente del 3 %. Esta pérdida aumenta a 62,3 ton/ha cuando la pendiente era del 15 %.

Fuentes y Peñaloza (1982), aplican la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) para determinar las pérdidas de suelo que se producen en las cuencas Pañul y Barranca, en el secano costero de la VI Región. Los resultados obtenidos señalan que los terrenos cultivados son los que presentan mayor pérdida con 41,7 ton/ha/año, la zona de matorral 36,1 ton/ha/año, Pino Radiata 0,48 ton/ha/año, Eucalipto 1,0 ton/ha/año, vegas 0,03 ton/ha/año, cárcavas 73,0 ton/ha/año, agrícola en descanso y abandonado, 6,7 ton/ha/año y 3,3 ton/ha/año, respectivamente.

Alvarez (1989), citado por Carrasco (1996), utilizando la USLE, obtiene pérdidas del orden de 26,2 ton/ha/año, 69,1 ton/ha/año y 121,9 ton/ha/año en terrenos de la serie Nahuelbuta, quemados, con pendientes del 20%, 40% y 60 % respectivamente y para una longitud de ladera de 100 m.

Alvarez (1986), utilizando la USLE, determinó que las pérdidas de suelo en una cuenca abastecedora de agua potable al pueblo de Florida VIII Región, donde se talara un bosque de pino para aumentar el caudal, con quema de desechos y con sobrepastoreo posterior, eran del orden de 158,1 ton/ha/año en promedio, para tres años de observaciones.

Carrasco (1994), determina pérdidas de suelo para el año 1992, utilizando parcelas de escurrimiento de 22×5 m. Los valores de pérdida de suelo fueron de 1,89 ton/ha/año en suelos de la serie Nahuelbuta, con 12 % de pendiente. En el terreno se había efectuado una cosecha a tala rasa de Pino Radiata, con skidder y quema de residuos. Cuando no se quemó el residuo, las pérdidas disminuyeron a 0,53 ton/ha/año; para bosques sin alteración la pérdida fue de 0,08 ton/ha/año. Para la serie Collipulli, tierra de textura limosa, muy susceptible a la erosión, con 8 % de pendiente, las pérdidas fueron de 3,12 ton/ha/año cuando en el terreno se realizó una cosecha con skidder y quema de desechos, 0,84 ton/ha/año cuando se realizó una cosecha con skidder manteniendo parte del desecho y 0,14 ton/ha/año para bosque sin alterar. Por último, para la serie Santa Bárbara, con pendiente del 18 %, los resultados fueron de 2,76 ton/ha/año, para cosecha con skidder y

quema intensa de residuos, 0,91ton/ha/año para cosecha con skidder y quema acelerada de residuos y 0,53 ton/ha/año, manteniendo el desecho sin alterar.

Mancilla (1995), citado por Mancilla (1996), en un estudio en el fundo “ Los Barros”, VIII Región y empleando parcelas de escurrimiento de 5 m<sup>2</sup>, determinó valores de pérdidas de suelo bajo diversas cubiertas arbóreas, las cuales fueron de 0,17 ton/ha/año, para una cubierta con pino radiata de 13 años, 0,96 ton/ha/año para pino radiata de 23 años y 0,68 ton/ha/año, para renoval de roble de 15 a 25 años.

Infante(1985), citado por Mancilla (1996), también utilizó parcelas de escurrimiento para evaluar la erosión hídrica en la provincia de Valdivia, X Región. Los resultados, transcurridos 3,5 meses, llevaron a corroborar el efecto que otorga la vegetación, especialmente si es arbórea. Los valores de pérdidas de suelo fueron de 1,6 ton/ha para una superficie sin cobertura vegetal, 0,13 ton/ha para superficie cubierta con vegetación natural, 0,075 ton/ha cuando la superficie esta cubierta por Pino joven y 0,07 con superficie cubierta con Pino adulto, con un 30 % de pendiente.

Pizarro (1988), utiliza las metodologías de Fournier y Djourovic para determinar pérdidas de suelos con datos de la cuenca de Monte Patria, IV Región, para el año 1984. El valor de pérdida de suelo utilizando la metodología de Fournier fue de 80, 97 ton/ha/año (valor promedio para varios años de una serie de precipitaciones) y de 9,01 utilizando Djourovic. La gran diferencia entre los valores obtenidos es atribuida a que el método de Fournier sobreestima los valores de pérdidas, en tanto que el método de Djourovic se acerca más a la realidad. El estudio señala además, que es necesario realizar investigaciones que permitan calibrar estos modelos a las distintas condiciones físicas para obtener estimaciones de mayor confiabilidad.

En este marco se concluye que es necesario aumentar los estudios referentes a la problemática de la erosión hídrica, calibrando o validando los métodos de predicción a las realidades del país o implementando modelos propios, considerando una unificación de criterios en las metodologías utilizadas para este fin.

### **3.5.3. Causas y consecuencias de la erosión en Chile.**

### 3.5.3. Causas y consecuencias de la erosión en Chile.

Según CONAMA (1994), la erosión en el país está estrechamente ligada a la fragilidad de los ecosistemas. Entre los factores que inciden en la fragilidad cabe destacar la accidentada topografía de lomajes, cerros y montañas que predomina en la mayor parte del territorio nacional, el grado de destrucción de la cobertura vegetal y las características del clima y de los suelos.

La fuerza de la denudación no es mayor en las regiones lluviosas, sino en las semiáridas. En un clima lluvioso los cerros siempre están cubiertos de una densa vegetación que protege al suelo. En las regiones semiáridas, las lluvias caen en pocos meses ( 2 a 3) del año, lo que no permite una cubierta continua de vegetación. Además de esta mala distribución, las lluvias suelen presentar gran intensidad en reducidos lapsos (lluvias torrenciales). Es así como para la IV Región, existen registros de tormentas de 50 a 80 mm en 24 horas (IREN,1977, citado por Perret, 1993). Por otra parte, la susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica es considerable.

La erosión a su vez, es producto de otras causas. Gallardo (1994), describe como causas de la erosión en Chile las siguientes : Deforestación, incendio de bosques y pastizales, prácticas agrícolas inadecuadas, sobrepastoreo, ausencias de una ley general de protección de suelos y factores de índole social o económico, entre los cuales la pobreza es el más importante, toda vez que ésta es causa y efecto de la degradación ambiental, en general.

Según CONAMA (1994), los procesos de erosión están asociados a importantes alteraciones físicas, químicas y biológicas de las propiedades del suelo; entre ellos destacan la disminución en volumen y profundidad, la reducción de la retención de agua, la pérdida de materia orgánica, el agotamiento de la fertilidad, la baja en número, diversidad y actividad de la flora y fauna del suelo, y el cambio en la textura del suelo superficial

En general, la consecuencia directa de la acción del hombre en el proceso erosivo, es la disminución de la calidad de vida, ya que esto determina pérdidas de rendimiento en los cultivos, contaminación de las aguas, derrumbes y pérdida de la calidad de los paisajes naturales (se pierde calidad desde el punto de vista ecológico y escénico), éxodo rural al perderse la actividad económica de una zona y el embanque de puertos y ríos.

## **4.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

### **4.1 Actividades de Trabajo.**

Las actividades necesarias para desarrollar e implementar el estudio consistieron en:

- a) Definición de los lugares de emplazamiento de las parcelas.
- b) Definición de las características de las parcelas, preparación del material necesario para implementar las parcelas (clavos de erosión, diseño de formularios para el registro de mediciones en clavos de erosión y mediciones de precipitación, regla, herbicida) y preparación de la superficie del suelo en que se instalan las parcelas.
- c) Instalación de parcelas y pluviógrafo en el predio Picazo.
- d) Instalación de parcelas en el predio Panguilemo.
- e) Trabajo en laboratorio para determinar características de densidad aparente del suelo de ambos predios.
- f) Mediciones en los clavos de erosión en lapsos aproximados de 15 días y por un período de seis meses.
- g) Mediciones de precipitación y cambio de pluviogramas, en forma semanal, en el pluviógrafo instalado en el predio Picazo.
- h) Procesamiento de la información lo cual contempla: cuantificación de la erosión hídrica superficial, cuantificación de las precipitaciones acontecidas en los períodos estudiados y análisis estadístico de los datos (comparaciones entre parcelas y entre situaciones).

### **4.2 Metodología y Descripción de las Actividades.**

#### **4.2.1 Lugar de emplazamiento de las parcelas.**

La metodología para este estudio, contempló la ubicación de parcelas con clavos de erosión en la precordillera andina y en el valle central de la VII Región.

Para esto se eligieron las Estaciones Experimentales “ Picazo” y “Panguilemo”, ambas de propiedad de la Universidad de Talca.

#### **4.2.1.1 Estación experimental Panguilemo.**

El predio Panguilemo se ubica en la comuna de Talca, en el valle central de la VII Región, a 5 Km al norte de la ciudad de Talca. Sus coordenadas geográficas son 35° 26' Latitud Sur y 71° 41' Longitud Oeste con 90 m.s.n.m. Se accede a este predio a través de la carretera panamericana Sur.

Según la clasificación de W. Koppen el clima corresponde a templado cálido con lluvias invernales, donde el período seco es de 6 meses y una pluviometría media de 700 mm/año (Errázuriz, *et al*, 1987).

El suelo del predio Panguilemo corresponde a la Serie Talca cuyas características más salientes son: textura franca y color pardo muy oscuro a pardo oscuro en superficie; textura franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro en profundidad. Bien drenado, permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial lento. La profundidad efectiva del suelo varía entre 50 a 90 cm. (moderadamente profundo), limitada por la presencia de un horizonte fuertemente compactado que restringe el desarrollo radicular (CIREN,1989).

Los primeros 16 cm de profundidad del suelo presentan color pardo muy oscuro en húmedo, pardo grisáceo en seco; textura franca, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable en húmedo, duro en seco; estructura de bloques subangulares medios, moderados. Poros finos y muy finos abundantes; raíces finas abundantes; actividad biológica abundante. Límite lineal, claro. PH 5,8; ( 15 a 25 cm de espesor) (CIREN,1989).

Análisis realizados en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Talca, señalan que la densidad aparente del suelo en los primeros 15 cm de profundidad es de 1,63 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **4.2.1.2 Estación experimental Picazo.**

El predio Picazo se ubica en la comuna de San Clemente, Provincia de Talca, en la precordillera andina de la VII Región. Las coordenadas geográficas son 35° 33' Latitud Sur y 71° 13' Longitud Oeste con 500 m.s.n.m. en el lugar del ensayo. Se accede al predio a través del camino que va desde Talca hasta la Laguna del Maule (denominado camino internacional). A unos 40 Km se debe tomar un desvío hacia el norte, por el camino que se

dirige a Vilches Alto. A unos 8 Km, en el sector denominado Vilches bajo, se debe tomar un desvío que conduce a la localidad de Carretones y a unos 2 Km por el desvío, se llega a la entrada de la estación experimental Picazo.

Según la clasificación de W. Koppen el clima del sector corresponde a templado frío con lluvias invernales y la precipitación anual llega a los 1.072 mm (Errázuriz, *et al*, 1987).

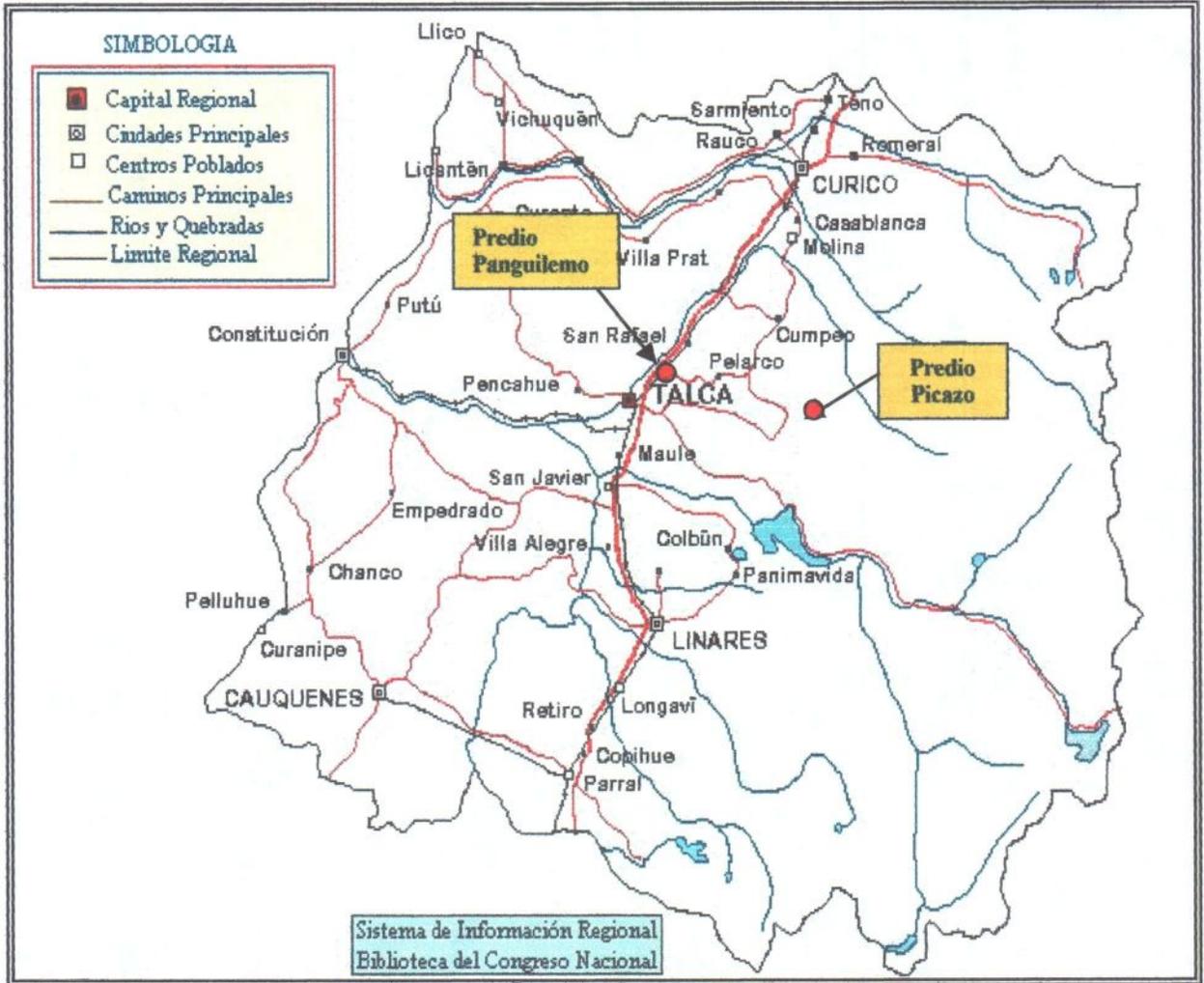
Según el estudio Agrológico de la VII Región, elaborado por CIREN durante el año 1997, el suelo del sector del ensayo en predio Picazo pertenece a una variación de la Serie de suelos Matabritos (MTC). Este es señalado en la Ortofoto N° 3451 con el estudio de suelos a escala 1:20000.

Las características generales de la Serie Matabritos son: Suelo de origen sedimentario, formado a partir de sedimentos fluviales gruesos, delgado, de textura superficial franco arenosa muy fina y de color pardo amarillento oscuro; de textura franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro en profundidad. Suelo de topografía de lomajes, severamente erosionado, de permeabilidad moderada y bien drenado. Suelo apto preferentemente para usos forestales.

La variación de la Serie Matabritos (MTC-1) corresponde a suelos de textura superficial franca a franco arcillosa, delgados, fuertemente ondulados 15 % a 20% de pendiente, con moderada pedregosidad y erosión moderada. Se clasifica como de capacidad de uso VIIe, es decir, aptitud preferentemente forestal con erosión por agua o viento, bien drenado.

La característica textural determinada en el Laboratorio de Química de la Universidad de Talca definió que la textura superficial del suelo corresponde a franco arcillo arenoso. Se determinó, además, que la densidad aparente del suelo es de 1,27 gr/cm<sup>3</sup>

FIGURA N° 2  
MAPA VII REGIÓN  
UBICACIÓN DE PREDIOS PICAZO Y PANGUILEMO



FUENTE: SISTEMA DE INFORMACIÓN REGIONAL, BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL

#### 4.2.2. Características de las Parcelas.

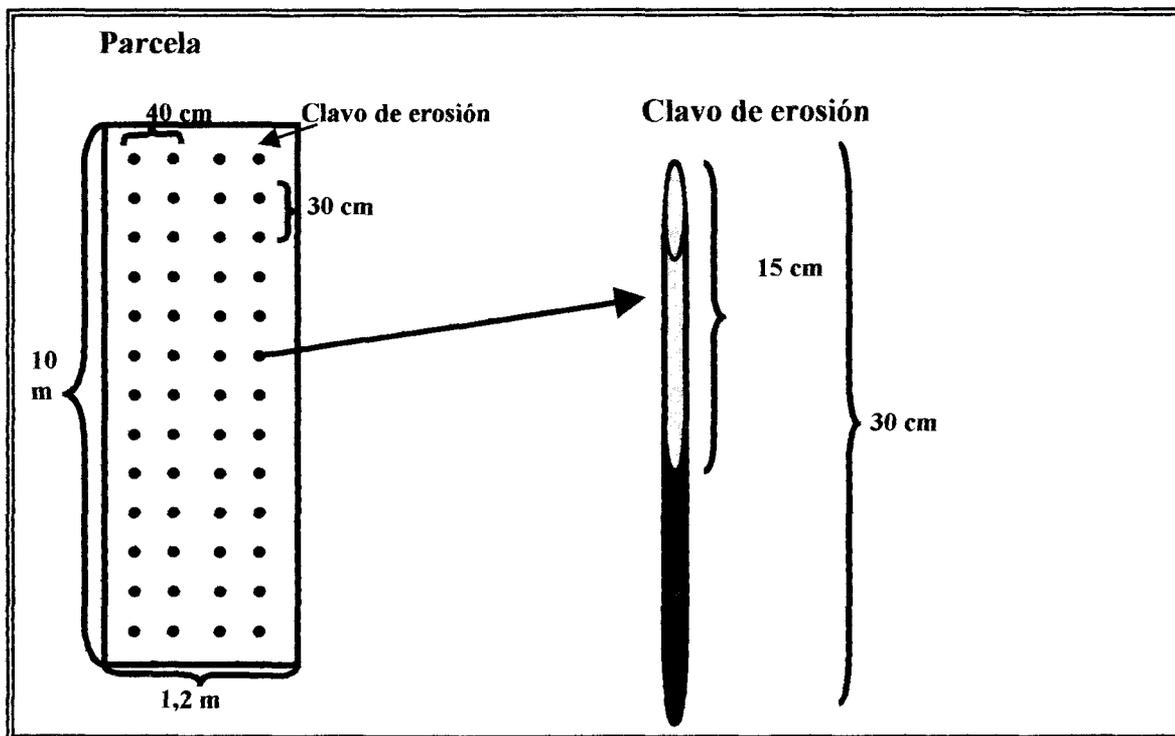
La metodología consistió en la medición del proceso de erosión hídrica a través de parcelas con clavos de erosión. Este corresponde a un método experimental sencillo, directo, exacto y principalmente de bajo costo, en los cuales la estimación de pérdida de suelo se realiza totalmente en terreno. El método trabaja sobre parcelas de superficie variable. Las parcelas no tienen bermas u orillas, por lo cual el método se ajusta más a la realidad. El material utilizado corresponde a unos clavos de 30 cm de largo, los cuales se encuentran pintados con el objeto de marcar el nivel actual del suelo; la zona del clavo coloreada es la parte superior. En cada parcela se colocan varios clavos, siendo el número de éstos función del grado de exactitud que se quiera lograr. Luego, se deja actuar a la naturaleza por el espacio de tiempo requerido y se realizan las mediciones. Para una mayor exactitud se recomienda instalar un mínimo de tres parcelas en el área en estudio.

Para el experimento se consideraron parcelas de 10 m de largo y 1,2 m de ancho, con tres repeticiones para cada situación (valle central y percordillera andina). Los clavos se distanciaron a 30 cm en el largo de la parcela y a 40 cm en el ancho, alcanzando un número de 140 clavos por parcela (420 por situación), lo cual corresponde a un número óptimo de clavos, considerando varianza máxima y un error de muestreo de 5%. Las dimensiones de las parcelas fueron las adecuadas, ya que permitieron realizar las mediciones respectivas sin problemas. Cada parcela fue instalada en forma aleatoria en el lugar del ensayo con el cuidado que la distancia entre ellas fuera mayor a 3 m.

El material utilizado para elaborar clavos de erosión correspondió a rayos de bicicleta de 30 cm de largo; 15 cm fueron coloreados para lograr la graduación necesaria y para medir la erosión o sedimentación que ocurre en la parcela. Los rayos de bicicleta resultaron ser el material adecuado para este tipo de trabajo ya que son de bajo costo, rígidos, delgados y de fácil pintado. Para colorear los clavos se utilizó pintura esmalte, la cual es resistente a la humedad.

La figura siguiente muestra en forma esquemática las características de las parcelas y clavos de erosión:

FIGURA N° 3  
ESQUEMA DE PARCELA Y CLAVO DE EROSIÓN



Las parcelas se instalaron en suelo desnudo, con rango de pendiente que varía entre 5% y 10 % (moderadamente inclinado). En el caso del predio Panguilemo se debió eliminar la cubierta de pasto que cubría el suelo, aplicando un herbicida a la superficie en donde se instalaron las parcelas.

La información pluviométrica necesaria para el estudio, fue obtenida de la estación ubicada en el Campus Lircay de la Universidad de Talca, en el caso del predio Panguilemo y de un pluviógrafo que se instaló en el predio Picazo, para apoyar el desarrollo de este estudio.

#### 4.2.3. Medición en clavos de erosión.

El trabajo de medición efectuado en los clavos de erosión fue realizado durante 6 meses (Julio a Diciembre de 1997), en períodos que oscilaron entre 15 y 20 días, lo cual permitió obtener, en promedio, dos registros por mes.

Las mediciones consistieron en una medición topográfica al costado de cada clavo, obteniendo una medida de suelo perdido o sedimentado según fue el caso.

Cada clavo fue identificado a través de un sistema de coordenadas lo que permitió observar el comportamiento del suelo a través del tiempo. Las mediciones fueron realizadas con una regla común adaptada para tal efecto, es decir, el cero debe partir desde el comienzo de la regla. Los datos fueron medidos en milímetros y registrados en formularios diseñados para tal efecto. La figura N° 4 muestra un esquema del formulario utilizado para el registro de las mediciones, el cual ordena los datos en 12 columnas (4 columnas por parcela) y en 35 filas (ver anexo IV).

FIGURA N° 4  
FORMULARIO DE REGISTRO DE MEDICIONES  
EN CLAVOS DE EROSIÓN

| MEDICIONES CLAVOS DE EROSIÓN (mm)                               |   |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |     |  |
|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|--------------|---|---|---|-----|--|
| FECHA:  |   |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |     |  |
| PREDIO: <span style="margin-left: 200px;">→</span> columnas (m) |   |   |   |   |              |   |   |   |   |              |   |   |   |     |  |
| PARCELA N° 1  |   |   |   |   | PARCELA N° 2 |   |   |   |   | PARCELA N° 3 |   |   |   |     |  |
| CLAVO   |   |   |   |   | CLAVO        |   |   |   |   | CLAVO        |   |   |   |     |  |
| N°  | 1 | 2 | 3 | 4 | N°           | 1 | 2 | 3 | 4 | N°           | 1 | 2 | 3 | 4   |  |
| 1   |   |   |   |   | 1            |   |   |   |   | 1            |   |   |   | F   |  |
| 2   |   |   |   |   | 2            |   |   |   |   | 2            |   |   |   | ↓   |  |
| 3   |   |   |   |   | 3            |   |   |   |   | 3            |   |   |   | l   |  |
| 4   |   |   |   |   | 4            |   |   |   |   | 4            |   |   |   | a   |  |
| :   |   |   |   |   | :            |   |   |   |   | :            |   |   |   | s   |  |
| 35  |   |   |   |   | 35           |   |   |   |   | 35           |   |   |   | (n) |  |

El tiempo mínimo requerido para realizar las mediciones fue de 40 minutos por parcela, lo cual significa un requerimiento de tiempo mínimo de 120 minutos para cada situación.

#### **4.2.4. Cuantificación de la erosión hídrica superficial.**

Para cuantificar la erosión hídrica superficial, se procedió a calcular el promedio de las mediciones realizadas en los clavos de erosión. Para tal efecto se debió calcular el cociente entre la sumatoria de las mediciones de todos los clavos que presentaron erosión y la cantidad total de clavos de la situación, es decir, se consideró con valor cero a los clavos que presentaron sedimentación y aquellos que no presentaron variación, obteniendo el valor medio de la erosión. Para obtener la media de los clavos que sedimentaron, se procedió de la misma forma, estableciendo el cociente entre la sumatoria de las mediciones de los clavos que sedimentaron, dividida por el total de clavos de la situación. En este caso se consideró como valor cero, a los clavos que presentaron erosión y aquellos que no presentaron variación.

Para cuantificar el suelo erosionado o sedimentado en ton/ha para el período en estudio, se multiplicó el resultado de las medias expresadas en milímetros, por la densidad aparente del suelo  $D_a$  (ton/m<sup>3</sup>) y por 10. La expresión en forma matemática se presenta a continuación:

$$X(\text{ton/ha}) = Y * D_a * 10$$

Donde:

X : Suelo erosionado o sedimentado (ton/ha)

Y : Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

$D_a$  : Densidad aparente del suelo (ton/m<sup>3</sup>)

#### **4.2.5. Información pluviométrica.**

La información pluviométrica en el predio Picazo es obtenida del pluviógrafo instalado en el lugar con motivo del estudio. Este trabajo consistió en la medición de la precipitación acumulada en el pluviógrafo en lapsos de una semana y por el tiempo que duró el estudio. Además, debido a que los pluviogramas utilizados presentan un período máximo de registros de una semana, éstos se debieron cambiar en forma semanal.

En el caso del predio Panguilemo los datos son obtenidos de la estación pluviométrica de la Universidad de Talca.

Para ambos predios, la información pluviométrica es presentada en rangos de 2 horas, 24 horas y precipitación para cada período. Esto último referido a la precipitación que ocurrió en los períodos en que se realizaron las mediciones en los clavos de erosión. La información de precipitación, en rangos de dos horas, fue obtenida a partir de las lecturas en los pluviogramas, los cuales permitían registrar las precipitaciones hasta en rango de dos horas (ver anexo II).

#### **4.2.6. Análisis estadístico de los resultados.**

El análisis estadístico a utilizar en este estudio tiene como finalidad comparar los resultados medios de Suelo Movilizado (SM), Erosión (E), Sedimentación (S) y Erosión Neta (EN), procesos que serán definidos en el capítulo siguiente. A través de esto, se determina si existe suficiente evidencia para decidir si hay o no hay diferencias significativas entre las medias de las dos situaciones en estudio (predio Picazo y predio Panguilemo), como también, entre las medias de las parcelas en cada una de las situaciones.

Para comparar las medias entre parcelas se utilizó el siguiente procedimiento:

##### **4.2.6.1. Análisis de varianza ANOVA.**

Este análisis es utilizado para realizar la comparación de medias entre las parcelas en cada situación, con la ayuda del sistema estadístico MINITAB.

A través de este análisis se determina la existencia o no de diferencias significativas entre las medias de las parcelas, tanto para el predio Picazo, como para el predio Panguilemo. De esta forma se identifican los procesos (SM, E, S, EN) que presentan diferencias significativas entre las parcelas.

En el análisis de varianza ANOVA se prueba la hipótesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_1$  : Uno o más pares de medias son diferentes.

se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  Si

$$F_0 > F\alpha \text{ con } (p - 1) \text{ y } (n - p) \text{ g.l.}$$

donde:

p: Número de tratamientos (3 parcelas).

n: Número total de clavos de la situación.

El valor de  $F_0$  es entregado por el sistema estadístico utilizado para este efecto.

#### **4.2.6.2. Prueba de hipótesis para la diferencia entre dos medias.**

En el caso de existir diferencias significativas entre alguna de las medias de los procesos señalados, se determina la parcela o par de parcelas que genera las diferencias, para lo cual se utiliza la prueba de hipótesis para la diferencia entre dos medias.

Esta prueba de hipótesis consiste en comparar las medias de las parcelas en pares, es decir, si existen diferencias significativas, por ejemplo en SM, se compara las medias de SM de la parcela 1 con la media de SM de la parcela 2; la media de SM de la parcela 1 con la media de SM de la parcela 3 y finalmente la media de SM de la parcela 2 con la media de SM de la parcela 3. De esta forma se identifica la parcela o el par de parcelas que genera las diferencias entre medias.

La prueba de hipótesis es descrita a continuación:

La prueba de hipótesis para la diferencia entre dos medias presenta dos casos: el primer caso considera que las varianzas de las poblaciones son desconocidas pero iguales; el segundo caso considera que las varianzas de las poblaciones son desconocidas, pero distintas.

Las expresiones matemáticas de este análisis se resumen a continuación:

**TABLA N° 1  
EXPRESIONES MATEMÁTICAS  
PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS**

| Caso 1<br>Varianzas poblacionales desconocidas pero iguales   | caso 2<br>Varianzas poblacionales desconocidas pero diferentes   |
|---|--|
| <b>Hipótesis nula</b> $H_0 : \mu_1 = \mu_2$   | <b>Hipótesis nula</b> $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  |
| <b>Hipótesis alternativa</b> $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , Para dos colas   | <b>Hipótesis alternativa</b> $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , Para dos colas  |
| <b>Estadístico de Prueba:</b><br>$T_0 = (X_1 - X_2) / S_p \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}$ Donde:<br>$S^2_p = [(n_1 - 1) S^2_1 + (n_2 - 2) S^2_2] / n_1 + n_2 - 2$     | <b>Estadístico de Prueba:</b><br>$T_0 = (X_1 - X_2) / \sqrt{(S^2_1/n_1) + (S^2_2/n_2)}$  |
| <b>Región de Rechazo</b> (prueba de dos colas):<br>se rechaza $H_0$ si:<br>$T_0 > T_{\alpha/2} \text{ o si } T_0 < -T_{\alpha/2}$ Para $v = n_1 + n_2 - 2$ g.l. | <b>Región de Rechazo</b> (prueba de dos colas):<br>se rechaza $H_0$ si:<br>$T_0 > T_{\alpha/2} \text{ o si } T_0 < -T_{\alpha/2}$ para<br>$V = \frac{[(S^2_1/n_1) + (S^2_2/n_2)]}{\frac{(S^2_1/n_1)^2 + (S^2_2/n_2)^2}{n_1 + 1} + \frac{(S^2_2/n_2)^2}{n_2 + 2}} - 2$ g.l. |

FUENTE: Mendenhall y Reinmuth (1981). Estadística para administración y economía.

Donde:

$X_1$  y  $X_2$  : Medias muestrales.

$S^2_1$  y  $S^2_2$  : Varianzas muestrales.

$n_1$  y  $n_2$  : Tamaño de las muestras.

Para determinar si las varianzas desconocidas son iguales o diferentes, se utiliza la comparación de varianzas de dos poblaciones. En este caso se aplica la Prueba de hipótesis acerca de la igualdad de las varianzas de dos poblaciones a través del cociente entre las varianzas muestrales. Las expresiones matemáticas en este caso se resumen en la siguiente tabla:

**TABLA N° 2**  
**EXPRESIONES MATEMÁTICAS**  
**PRUEBA DE HIPÓTESIS ACERCA DE LA IGUALDAD DE LAS VARIANZAS DE DOS**  
**POBLACIONES.**

|  |   |
|--|---|
| <b>Hipótesis nula</b>  | $H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2$  |
| <b>Hipótesis alternativa</b>   | $H_1: \sigma^2_1 > \sigma^2_2$  |
| <b>Estadístico de Prueba:</b>  | $F_0 = S^2_1 / S^2_2$ , con $S^2_1$ la mayor de las varianzas muestrales. |
| <b>Región de Rechazo</b> ( prueba de una cola):<br>se rechaza $H_0$ si | $F_0 > F \alpha$ con $(n_1 - 1)$ y $(n_2 - 1)$ g.l.                       |

FUENTE: Mendenhall y Reinmuth (1981). Estadística para administración y economía.

Cabe hacer notar que el cociente entre las varianzas muestrales define que la varianza correspondiente al numerador es la mayor.

La prueba de hipótesis sobre diferencia de dos medias fue realizada con la ayuda de una planilla EXCEL.

Los procedimientos estadísticos de análisis de varianza ANOVA y pruebas de hipótesis consideradas en este estudio, son realizadas con un  $\alpha$  de 5%.

## 5.- PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

### 5.1 Conceptos Previos.

Los resultados de esta investigación son presentados en tablas que muestran el nivel que presenta el suelo al momento de la medición, expresado en altura media (mm) y en peso de suelo (ton/ha), para cada uno de los períodos considerados. Además, los resultados se presentan en forma relativa, es decir, se muestra la variación que ha experimentado cada uno de los procesos estudiados entre un período y otro. Estos resultados se obtienen en medias totales para cada situación, como también en medias por parcelas. Estas últimas se encuentran en el anexo I.

El estudio de la erosión hídrica superficial, a través del método de los clavos de erosión, permitió observar diferentes comportamientos del suelo en su respuesta al impacto de las gotas de lluvias y al escurrimiento superficial. De esta forma, la presente investigación establece algunos conceptos que definen los procesos que ocurren en el suelo desnudo al ser sometido a los embates de las lluvias. Los procesos se refieren a Suelo Movilizado (SM), Erosión (E), Sedimentación (S) y Erosión Neta (EN), todos expresados en valores medios.

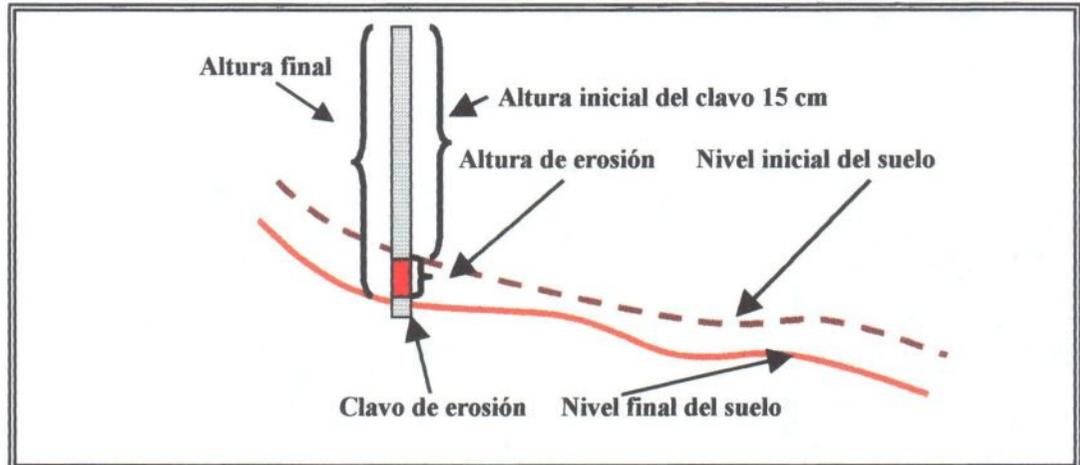
En las labores realizadas directamente en terreno, se identificaron dos comportamientos principales en los clavos de erosión, los cuales se refieren a los clavos que presentaron erosión propiamente tal y los clavos que presentaron sedimentación. Estos se definen a continuación:

#### a) Clavo con altura de erosión.

Los clavos de erosión graduados son enterrados en las parcelas con 15 cm de altura sobre el nivel inicial del suelo, por lo que los clavos que presentaron erosión correspondieron a aquellos que al momento de ser medidos mostraron una altura total mayor a los 15 cm iniciales, correspondiendo la diferencia al suelo que se perdió en un período determinado. La diferencia señalada o **altura de erosión** se obtiene al medir la altura entre el nivel actual del suelo y la graduación que marca el comienzo de los 15 cm. Así, las mediciones de altura de erosión permiten estimar la altura (mm) de suelo erosionado en la zona del clavo. Asimismo, el promedio de los clavos de erosión en la parcela, determina la altura media (mm) de suelo erosionado.

La siguiente figura esquematiza el concepto señalado anteriormente:

FIGURA N° 5  
CLAVO CON ALTURA DE EROSIÓN

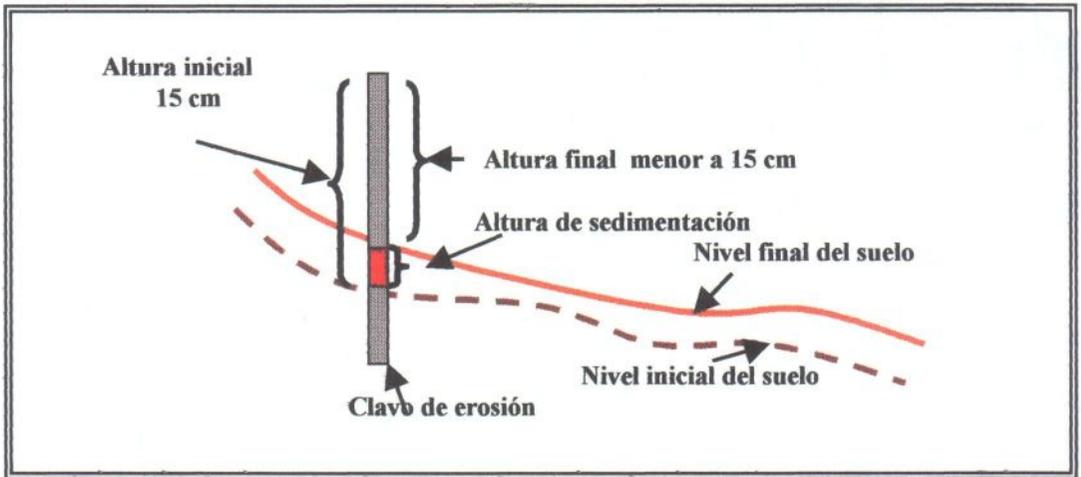


b) Clavo con altura de sedimentación.

De la misma forma que en el caso anterior, inicialmente los clavos poseían una altura de 15 cm con respecto al nivel del suelo. Al ser medidos en un tiempo posterior, presentaron una altura menor, correspondiendo la diferencia a la **altura de sedimentación**. La altura de sedimentación se obtiene al calcular la diferencia entre los 15 cm de altura inicial del clavo y la altura actual del clavo respecto al suelo. Así, las mediciones de altura de sedimentación permiten estimar la altura (mm) de suelo sedimentado en la zona del clavo. Asimismo, el promedio de los clavos que presentaron sedimentación en la parcela, determina la altura media (mm) de suelo sedimentado.

La siguiente figura muestra el concepto señalado:

FIGURA N° 6  
CLAVO CON ALTURA DE SEDIMENTACIÓN



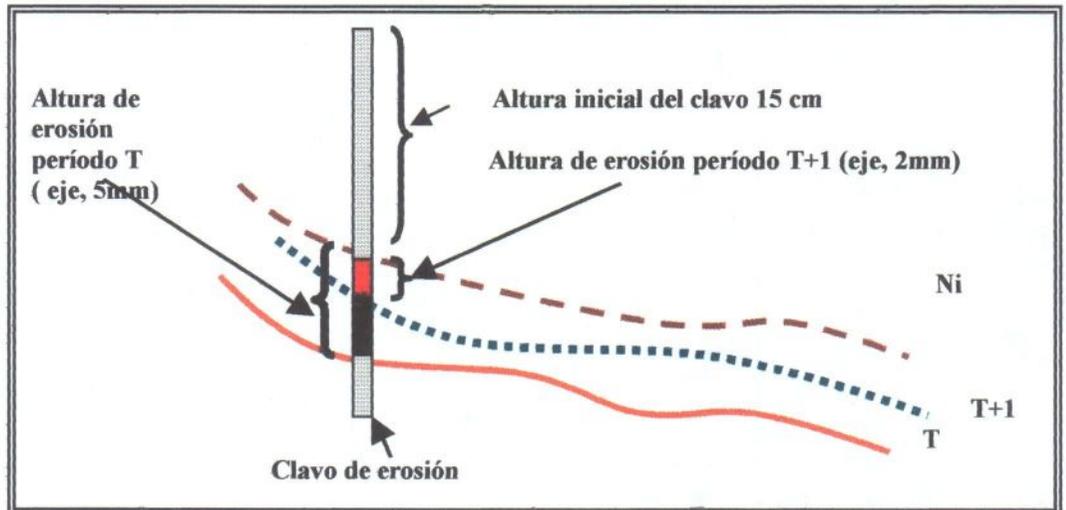
**c) Consideraciones entre períodos.**

Al presentar los resultados en forma relativa, se deben hacer ciertas consideraciones sobre el comportamiento de los clavos de erosión.

En algunas ocasiones se presentó la situación en que clavos que presentan una determinada altura de erosión en un período T, en el período siguiente T+1 presentan una altura de erosión menor a la del período T (subió el nivel del suelo), lo cual se debió a procesos de sedimentación que provocaron una disminución de la altura de erosión. Este resultado se puede observar en los resultados del nivel medio del suelo. Esto se indica con un signo negativo frente al valor, tanto en las mediciones individuales de los clavos de erosión, como en los resultados medios relativos de erosión. Asimismo, clavos que presentaron una determinada altura de sedimentación en el período T, en el período siguiente T+1 presentaron una disminución de su altura (bajó el nivel del suelo), debido a procesos de erosión, lo cual implica una disminución de la altura de sedimentación. Este proceso inverso, también se señala con un signo negativo en las mediciones individuales de los clavos con altura de sedimentación, como también en los resultados medios relativos de sedimentación

Las figuras siguientes muestran con un ejemplo, los procesos indicados anteriormente:

**FIGURA N° 7**  
**CLAVO CON ALTURA DE EROSIÓN EN EL PERÍODO T**  
**Y DISMINUCIÓN DE LA ALTURA EN EL PERÍODO T+1**



Donde:

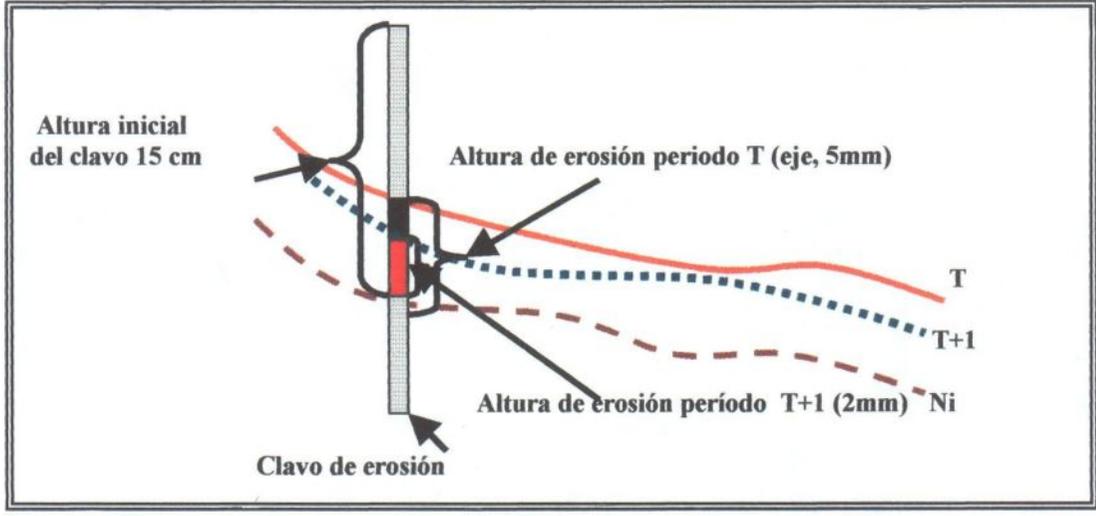
Ni : Nivel inicial del suelo.

T : Nivel del suelo en el período T.

T+1: Nivel del suelo en el período T+1.

La figura N° 7 muestra un ejemplo en el cual en el período T el clavo presenta una altura de erosión de 5 mm, en tanto en el período T+1 ésta disminuyó a 2 mm (subió el nivel del suelo). Esto muestra que se ha producido una diferencia de 3 mm, es decir, se ha producido una sedimentación de 3 mm en el clavo (valor relativo), entre un período y otro. Esto se indica en el valor relativo del clavo como  $-3$  mm o si se trata de resultados medios relativos, se indica también como  $-3$  mm en la erosión media.

**FIGURA N° 8**  
**CLAVO CON ALTURA DE SEDIMENTACIÓN EN EL PERÍODO T**  
**Y DISMINUCIÓN DE LA ALTURA EN EL PERÍODO T+1**



Donde:

- Ni : Nivel inicial del suelo.
- T : Nivel del suelo en el período T.
- T+1: Nivel del suelo en el período T+1.

De igual forma que el caso anterior, la figura N° 8 muestra cómo la altura de sedimentación en el clavo en un período T es de 5 mm y en el siguiente período T+1, la altura de sedimentación del clavo es de 2 mm (bajó el nivel del suelo). Esto significa que la altura de sedimentación en el clavo ha disminuido en 3 mm entre un período, producto de que el suelo ha bajado su nivel (erosión). Esto se indica como -3 mm en el valor relativo del clavo o, si se trata de resultados medios, se indica también como -3 mm en la sedimentación media.

**d) Erosión media (E).**

Se refiere a la erosión o pérdida de suelo media que se produce en las parcelas. Se calcula a través del cociente entre la sumatoria de las mediciones de alturas de erosión de los clavos que presentaron erosión en cada una de las parcelas, y el número total de clavos. De lo anterior se obtiene una altura media de erosión, la cual permite estimar la altura de la lámina de suelo (mm) que se pierde por efecto de la erosión hídrica superficial. Para estimar las toneladas por hectárea de suelo perdido, se aplica el procedimiento descrito en la metodología. La expresión matemática de este concepto se describe a continuación:

$$E = \left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k X_{ijk} \right) / N$$

Donde:

E : Erosión media (mm)

X<sub>ij</sub>: medida del clavo en la posición ij en la parcela k que presentó altura de erosión (mm)

N : Cantidad total de clavos en la situación.

i : Fila i

j : Columna j

m : Número de columnas por parcela (4)

n : Número de filas por parcela (35)

k : Número de parcelas (3)

De acuerdo a la distribución de los clavos en las parcelas y la forma en que fueron registrados en los formularios diseñados para tal efecto, se señala que cada una de las 3 parcelas está formada por 4 columnas y por 35 filas.

**e) Sedimentación Media (S).**

La sedimentación media se obtiene al calcular el cociente entre la sumatoria de las mediciones de alturas de sedimentación de los clavos que presentaron sedimentación en las parcelas y el número total de clavos. Esto permite estimar el espesor o altura media de la lámina (mm) de suelo sedimentada en las parcelas. Para cuantificar los resultados medios en toneladas por hectárea, se aplica el procedimiento señalado en la metodología. Matemáticamente la sedimentación media se expresa de la siguiente forma:

$$S = \left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^k X_{ijk} \right) / N$$

Donde:

S : Sedimentación media (mm)

X<sub>ij</sub>: medida del clavo en la posición ij en la parcela k que presentó altura sedimentación

N : Cantidad total de clavos en la situación.

i : Fila

j : Columna

m : Número de columnas por parcela (4)

n : Número de filas por parcela (35)

k : Número de parcelas (3)

**f) Erosión Neta Media (EN).**

Como se ha señalado, en la parcela no sólo ocurren procesos de pérdida de suelo, sino que también entradas de suelo derivado del proceso de sedimentación. Debido a esto se produce una pérdida de suelo menor, al considerar el suelo sedimentado, lo cual lleva al concepto de pérdida o erosión neta media. Se calcula a través de la diferencia entre erosión media del suelo y la sedimentación media, expresada en milímetros o en toneladas por hectárea. Esto permite cuantificar el espesor o la altura media de la lámina (mm) de suelo, que efectivamente se pierde en el área en estudio. Se expresa como:

$$EN = E - S$$

Donde:

EN : Erosión neta media (mm o ton/ha)  
E : Erosión normal media (mm o ton/ha)  
S : Sedimentación media (mm o ton/ha)

**g) Suelo movilizado medio (SM).**

El suelo movilizado corresponde al total de suelo que se movilizó a través de la superficie de las parcelas, por lo cual corresponde a la suma entre la erosión media y la sedimentación media en valor absoluto. Su expresión matemática es:

$$SM = | E | + | S |$$

Donde:

SM : Suelo movilizado medio (mm o ton/ha)  
E : Erosión normal media (mm o ton/ha)  
S : Sedimentación media (mm o ton/ha)

## 5.2 Presentación de Resultados.

### 5.2.1 Resultados Predio Picazo.

Los resultados del predio Picazo se presentan en milímetros y en ton/ha, para las medias totales. Los resultados por parcela se encuentran en el anexo I .

#### 5.2.1.1 Medias Totales Predio Picazo.

TABLA N° 3  
ALTURA MEDIA DE CLAVOS DE EROSIÓN  
PREDIO PICAZO

| Fecha    | P  | Resultados absolutos<br>mm |      |      |      |        | Resultados Relativos<br>Mm |      |       |       |       | Resultados relativos<br>acumulados mm |      |      |      |
|----------|----|----------------------------|------|------|------|--------|----------------------------|------|-------|-------|-------|---------------------------------------|------|------|------|
|          |    | SM                         | E    | S    | EN   | PP     | SM                         | E    | S     | EN    | PP    | SM                                    | E    | S    | EN   |
| 08/06/97 | 0  | 0,0                        | 0,0  | 0,00 | 0,00 | 0,00   | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00                                  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27/06/97 | 1  | 1,6                        | 1,25 | 0,35 | 0,90 | 461,9  | 1,60                       | 1,25 | 0,35  | 0,90  | 461,9 | 1,60                                  | 1,25 | 0,35 | 0,9  |
| 11/07/97 | 2  | 1,93                       | 1,27 | 0,66 | 0,61 | 510,5  | 0,33                       | 0,02 | 0,31  | -0,29 | 48,6  | 1,93                                  | 1,27 | 0,66 | 0,61 |
| 25/07/97 | 3  | 2,49                       | 1,65 | 0,84 | 0,81 | 523,3  | 0,56                       | 0,38 | 0,18  | 0,20  | 12,8  | 2,49                                  | 1,65 | 0,84 | 0,81 |
| 08/08/97 | 4  | 2,92                       | 1,74 | 1,18 | 0,56 | 675,0  | 0,43                       | 0,09 | 0,34  | -0,25 | 151,7 | 2,92                                  | 1,74 | 1,18 | 0,56 |
| 22/08/97 | 5  | 2,58                       | 1,81 | 0,77 | 1,04 | 841,3  | 0,48                       | 0,07 | -0,41 | 0,48  | 166,3 | 3,40                                  | 2,22 | 1,18 | 1,04 |
| 31/08/97 | 6  | 2,64                       | 1,86 | 0,78 | 1,08 | 866,8  | 0,06                       | 0,05 | 0,01  | 0,04  | 25,5  | 3,46                                  | 2,27 | 1,19 | 1,08 |
| 13/09/97 | 7  | 3,60                       | 2,73 | 0,87 | 1,86 | 1103,5 | 0,96                       | 0,87 | 0,09  | 0,78  | 236,7 | 4,42                                  | 3,14 | 1,28 | 1,86 |
| 26/09/97 | 8  | 3,60                       | 2,74 | 0,86 | 1,88 | 1147,3 | 0,02                       | 0,01 | -0,01 | 0,02  | 43,8  | 4,44                                  | 3,16 | 1,28 | 1,88 |
| 16/10/97 | 9  | 4,06                       | 3,05 | 1,01 | 2,04 | 1392,9 | 0,46                       | 0,31 | 0,15  | 0,16  | 245,6 | 4,90                                  | 3,47 | 1,43 | 2,04 |
| 25/10/97 | 10 | 4,06                       | 3,05 | 1,01 | 2,04 | 1392,9 | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,0   | 4,90                                  | 3,47 | 1,43 | 2,04 |
| 06/11/97 | 11 | 4,31                       | 3,23 | 1,08 | 2,15 | 1420,2 | 0,25                       | 0,18 | 0,07  | 0,11  | 27,3  | 5,15                                  | 3,65 | 1,50 | 2,15 |
| 22/11/97 | 12 | 4,58                       | 3,52 | 1,06 | 2,46 | 1475,9 | 0,31                       | 0,29 | -0,02 | 0,31  | 55,7  | 5,46                                  | 3,96 | 1,50 | 2,46 |
| 06/12/97 | 13 | 4,58                       | 3,52 | 1,06 | 2,46 | 1475,9 | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,0   | 5,46                                  | 3,96 | 1,50 | 2,46 |
| 20/12/97 | 14 | 4,58                       | 3,52 | 1,06 | 2,46 | 1477,0 | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 1,1   | 5,46                                  | 3,96 | 1,50 | 2,46 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Donde:

SM: Suelo movilizado medio.

E : Erosión media.

S : Sedimentación media.

EN : Erosión neta media.

PP : Precipitación.

P :Período.

Los resultados después de 7 meses de mediciones y en condiciones de suelo desnudo con pendiente entre 5 % y 10%, señalan que la pérdida efectiva o altura de erosión neta de suelo es de 2,46 mm, en tanto que la altura media de suelo movilizado, alcanzó a 4,58 mm, para una precipitación medida de 1477 mm. Esto lleva a suponer que en el área se pierde una lámina de espesor o altura media de 3,52 mm, pero al mismo tiempo entra una lámina de espesor o altura media equivalente a 1,06 mm. Esto indica que el proceso dominante es la erosión

Los resultados relativos permiten asociar el resultado de cada uno de los procesos considerados en el estudio, con la precipitación ocurrida para un mismo período de tiempo. De esto se puede señalar, que los mayores niveles de erosión y erosión neta media corresponden, principalmente, a los períodos en que se produce la mayor cantidad de precipitaciones (período 1, período 5, período 7).

Con respecto al signo negativo en los resultados relativos de sedimentación media, este signo indica que los clavos con altura de sedimentación media disminuyeron su altura (bajó el nivel del suelo), es decir, se originó erosión. Por ejemplo, en el período 4 la sedimentación media alcanza un nivel o altura media de 1,18 mm (período T), en tanto que para el período 5 el nivel o altura media es de 0,77 mm (período T+1), lo cual señala una disminución de la altura media de sedimentación de 0,41 mm, lo cual indica que se ha producido erosión. Esto es indicado como -0,41 mm en los resultados de sedimentación media y para efectos del cálculo de la erosión neta media, ésta se suma a la erosión media (-0,41 mm en valor absoluto), resultando la erosión neta media igual a 0,48 mm.

Los resultados con signo negativo en la erosión neta media, indican que el proceso dominante, en un período determinado, corresponde a la sedimentación.

Los resultados relativos acumulados muestran la variación final que se ha producido entre un período y otro en el transcurso que ha durado el estudio. Se debe hacer la salvedad que las variaciones negativas en los valores de sedimentación media, que significan erosión, son sumados a la erosión media en el período que corresponde, en tanto en la sedimentación media esto significa que no hubo sedimentación, es decir, el valor es cero.

La siguiente tabla muestra la cuantificación de los procesos de SM, E, S y EN en toneladas por hectárea, tanto por período como para el resultado final de los procesos estudiados.

**TABLA N° 4**  
**MEDIAS EN TONELADAS POR HECTÁREA**  
**PREDIO PICAZO**

| Fecha    | P  | Resultados absolutos<br>ton/ha |              |              |              |        | Resultados Relativos<br>ton/ha |             |             |             |       | Resultados relativos<br>acumulados ton/ha |       |       |       |
|----------|----|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------|---|-------|-------|-------|
|          |    | SM                             | E            | S            | EN           | PP     | SM                             | E           | S           | EN          | PP    | SM  | E     | S     | EN    |
| 08/06/97 | 0  | 0,0                            | 0,0          | 0,00         | 0,00         | 0,00   | 0,00                           | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00  | 0,00                                      | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 27/06/97 | 1  | 20,32                          | 15,88        | 4,45         | 11,43        | 461,9  | 20,32                          | 15,88       | 4,45        | 11,43       | 461,9 | 20,32                                     | 15,88 | 4,45  | 11,43 |
| 11/07/97 | 2  | 24,51                          | 16,13        | 8,38         | 7,75         | 510,5  | 4,19                           | 0,25        | 3,84        | -3,68       | 48,6  | 24,51                                     | 16,13 | 8,39  | 7,75  |
| 25/07/97 | 3  | 31,62                          | 20,96        | 10,67        | 10,29        | 523,3  | 7,11                           | 4,83        | 2,29        | 2,54        | 12,8  | 31,62                                     | 20,96 | 10,68 | 10,29 |
| 08/08/97 | 4  | 37,08                          | 22,10        | 14,99        | 7,11         | 675,0  | 5,46                           | 1,14        | 4,32        | -3,18       | 151,7 | 37,08                                     | 22,1  | 15,00 | 7,11  |
| 22/08/97 | 5  | 32,77                          | 22,99        | 9,78         | 13,21        | 841,3  | 6,10                           | 0,89        | -5,21       | 6,10        | 166,3 | 43,18                                     | 28,20 | 15,00 | 13,21 |
| 31/08/97 | 6  | 33,53                          | 23,62        | 9,91         | 13,72        | 866,8  | 0,76                           | 0,64        | 0,13        | 0,51        | 25,5  | 43,94                                     | 28,84 | 15,13 | 13,72 |
| 13/09/97 | 7  | 38,86                          | 34,67        | 11,05        | 23,62        | 1103,5 | 12,19                          | 11,05       | 1,14        | 9,91        | 236,7 | 56,13                                     | 39,89 | 16,27 | 23,63 |
| 26/09/97 | 8  | 38,86                          | 34,80        | 10,92        | 23,88        | 1147,3 | 0,25                           | 0,13        | -0,13       | 0,25        | 43,8  | 56,38                                     | 40,15 | 16,27 | 23,88 |
| 16/10/97 | 9  | 51,56                          | 38,74        | 12,83        | 25,91        | 1392,9 | 5,84                           | 3,94        | 1,91        | 2,03        | 245,6 | 62,22                                     | 44,09 | 18,18 | 25,91 |
| 25/10/97 | 10 | 51,56                          | 38,74        | 12,83        | 25,91        | 1392,9 | 0,00                           | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,0   | 62,22                                     | 44,09 | 18,18 | 25,91 |
| 06/11/97 | 11 | 54,74                          | 41,02        | 13,72        | 27,31        | 1420,2 | 3,18                           | 2,29        | 0,89        | 1,40        | 27,3  | 65,40                                     | 46,38 | 19,07 | 27,31 |
| 22/11/97 | 12 | 58,17                          | 44,70        | 13,46        | 31,24        | 1475,9 | 3,93                           | 3,68        | -0,25       | 3,93        | 55,7  | 69,33                                     | 50,31 | 19,07 | 31,24 |
| 06/12/97 | 13 | 58,17                          | 44,70        | 13,46        | 31,24        | 1475,9 | 0,00                           | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,0   | 69,33                                     | 50,31 | 19,07 | 31,24 |
| 20/12/97 | 14 | <b>58,17</b>                   | <b>44,70</b> | <b>13,46</b> | <b>31,24</b> | 1477,0 | <b>0,00</b>                    | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | 1,1   | 69,33                                     | 50,31 | 19,07 | 31,24 |

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

Los resultados señalan que la erosión neta del predio Picazo alcanza a 31,2 ton/ha para un período de 7 meses, en suelo desnudo, con pendiente entre 5% y 10% y para una precipitación medida de 1477 mm. En tanto, el suelo movilizado correspondió a 58,2 ton/ha.

### 5.2.1.2 Determinación de Diferencias de Medias entre Parcelas Predio Picazo.

Los resultados por parcela se encuentran en el anexo I . Para iniciar este tipo de análisis de diferencia de más de dos medias, se consideró el análisis de varianza ANOVA, a través del sistema estadístico MINITAB, con un  $\alpha=5\%$ . Las hipótesis son:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_1 =$  Uno o más pares de medias son diferentes.

Los resultados de este análisis se presentan a continuación:

**TABLA N° 5**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA**  
**PREDIO PICAZO**

| Suelo movilizado    | g.l.       | SC             | CM    | F <sub>0</sub> | P     |
|---------------------|------------|----------------|-------|----------------|-------|
| Tratamientos        | 2          | 472,9          | 236,5 | 17,47          | 0,000 |
| Error               | 387        | 5236,9         | 13,5  |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>389</b> | <b>5709,8</b>  |       |                |       |
| Erosión Media       | g.l.       | SC             | CM    | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 10,1           | 5,0   | 0,46           | 0,630 |
| Error               | 387        | 4229,1         | 10,9  |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>389</b> | <b>4239,2</b>  |       |                |       |
| Sedimentación Media | g.l.       | SC             | CM    | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 357,1          | 178,5 | 17,05          | 0,000 |
| Error               | 387        | 4052,5         | 10,5  |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>389</b> | <b>4409,5</b>  |       |                |       |
| Erosión Neta Media  | g.l.       | SC             | CM    | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 274,4          | 137,2 | 4,71           | 0,01  |
| Error               | 387        | 11282,4        | 29,2  |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>389</b> | <b>11556,8</b> |       |                |       |

FUENTE: ANÁLISIS DE VARIANZA MINITAB

Donde:

SCT: Suma de cuadrados de tratamientos.

SCE: Suma de cuadrados del error.

CMT: Cuadrado medio de los tratamientos.

CME: Cuadrado medio del error.

Se rechaza la hipótesis nula acerca de la igualdad de las medias si  $F_0 > F$  (valor tabulado o crítico). El valor crítico de  $F$  (una cola) con 2 y 389 g.l. y un  $\alpha=5\%$  corresponde a  $F=3$ .

De acuerdo a los resultados de  $F_0$  presentados en la tabla, se indica que hay suficiente evidencia para señalar que hay diferencias significativas entre las parcelas en cuanto a altura media de suelo movilizado, altura media de sedimentación y altura media de erosión neta.

Para determinar cuál o cuáles son los pares de medias que presentan diferencias significativas, se aplica la prueba de hipótesis para la diferencia de dos medias. Esta prueba de hipótesis incluye, en su metodología, la prueba de hipótesis acerca de la igualdad de las varianzas de dos poblaciones. Estos análisis son realizados con la ayuda de una planilla EXCEL. Los resultados se presentan en la tabla siguiente:

**TABLA N° 6**  
**COMPARACIÓN DE ALTURAS MEDIAS ENTRE PARCELAS**  
**PREDIO PICAZO**

| Alturas medias             | Parcela 2 v/s Parcela 1 |           |           | Parcela 2 v/s Parcela 3 |           |           | Parcela 3 v/s Parcela 1 |           |           |
|----------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|
| Datos                      | SM                      | S         | EN        | SM                      | S         | EN        | SM                      | S         | EN        |
| Media                      | 6,09                    | 2,38      | 1,33      | 6,09                    | 2,38      | 1,33      | 3,79                    | 0,48      | 2,83      |
| Observaciones              | 136                     | 136       | 136       | 136                     | 136       | 136       | 128                     | 128       | 128       |
| Varianza $S^2_1$           | 26,19                   | 27,39     | 61,75     | 26,19                   | 27,39     | 61,75     | 6,88                    | 1,67      | 13,25     |
| Media                      | 3,76                    | 0,25      | 3,26      | 3,79                    | 0,48      | 2,83      | 3,76                    | 0,25      | 3,26      |
| Observaciones              | 126                     | 126       | 126       | 128                     | 128       | 128       | 126                     | 126       | 126       |
| Varianza $S^2_2$           | 6,62                    | 0,96      | 10,1      | 6,88                    | 1,67      | 13,25     | 6,62                    | 0,96      | 10,1      |
| <b>Prueba F</b>            |                         |           |           |                         |           |           |                         |           |           |
| $F_0$                      | 3,96                    | 28,44     | 6,11      | 3,81                    | 16,41     | 4,66      | 1,03                    | 1,73      | 1,31      |
| Valor crítico F (una cola) | 1,34                    | 1,34      | 1,34      | 1,34                    | 1,34      | 1,34      | 1,34                    | 1,34      | 1,34      |
| g.l.                       | 135 Y 125               | 135 Y 125 | 135 Y 125 | 135 Y 127               | 135 Y 127 | 135 Y 127 | 127 Y 125               | 127 Y 125 | 127 Y 125 |
| <b>DIF SIG</b>             | <b>SI</b>               | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>SI</b>               | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>NO</b>               | <b>SI</b> | <b>NO</b> |
| <b>Prueba T</b>            |                         |           |           |                         |           |           |                         |           |           |
| Caso                       | 2                       | 2         | 2         | 2                       | 2         | 2         | 1                       | 1         | 1         |
| $T_0$                      | 4,70                    | 4,66      | -2,65     | 4,62                    | 4,10      | -2,02     | 0,1                     | 1,6       | -0,99     |
| Valor crítico T dos colas  | 1,96                    | 1,96      | 1,96      | 1,96                    | 1,96      | 1,96      | 1,96                    | 1,96      | 1,96      |
| g.l.                       | 202                     | 145       | 181       | 204                     | 152       | 193       | 252                     | 237       | 252       |
| <b>DIF SIG</b>             | <b>SI</b>               | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>SI</b>               | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>NO</b>               | <b>NO</b> | <b>NO</b> |

FUENTE: ANALISIS DE DATOS PLANILLA EXCEL

Los resultados muestran que la parcela N° 2 genera diferencias significativas respecto a las parcelas N° 1 y N° 3, en altura de suelo movilizado, altura media de sedimentación y altura de erosión media, no presentándose diferencias entre las medias de las parcelas N° 1 y N° 2. No obstante esto último, se puede apreciar que la varianza de la sedimentación en la parcela N° 3 es significativamente mayor a la varianza de la sedimentación de la parcela N° 1, lo cual señala un mayor impacto de este proceso en la parcela N° 3.

### 5.2.1.3 Relaciones Matemáticas Dinámica de Suelo V/S Precipitación total Período Predio Picazo.

A través del análisis de regresión lineal simple, con la ayuda del sistema estadístico MINITAB, se procedió a ajustar modelos lineales que relacionan las variables dependientes suelo movilizado medio, erosión media y erosión neta media de cada período v/s la variable independiente que corresponde a la precipitación total ocurrida en cada período. La sedimentación media, en los análisis realizados previamente, no presentó relación de tipo lineal con la precipitación total del período.

Las regresiones obtenidas se presentan a continuación:

TABLA N° 7  
REGRESIONES DINÁMICAS DE SUELO V/S PRECIPITACIÓN  
PREDIO PICAZO (altura media mm)

| Alturas medias (mm)    | REGRESION            | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> (ADJ) | T <sub>0</sub> | P     |
|------------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|-------|
| Suelo movilizado medio | Y=0,0746+0,00299 X   | 81,4%          | 79,9%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    | 0,0746               |                |                      | 1,08           | 0,300 |
| Coef β <sub>2</sub>    | 0,00299              |                |                      | 7,24           | 0,000 |
| Erosión media          | Y= 0,0065+0,00232 X  | 69,6%          | 67,1%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    | 0,0065               |                |                      | 0,09           | 0,931 |
| Coef β <sub>2</sub>    | 0,00232              |                |                      | 5,24           | 0,000 |
| Erosión neta media     | Y= 0,01977+0,00185 X | 52,9%          | 48,1%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    | 0,01977              |                |                      | -0,23          | 0,821 |
| Coef β <sub>2</sub>    | 0,00185              |                |                      | 3,61           | 0,004 |
|                        |                      |                |                      |                |       |
|                        |                      |                |                      |                |       |

FUENTE: ANÁLISIS REGRESION MINITAB.

Donde:

Y: Valor estimado de alguno de los conceptos, expresado en (mm)

X: Precipitación total ocurrida en un período determinado (mm)

Para establecer si la variable dependiente tiene relación con la variable independiente, es decir, si la variable independiente es explicativa de la variable dependiente, se aplica la prueba de hipótesis sobre los coeficientes  $\beta_2$  que acompañan a la variable independiente (precipitación total del período) de la regresión.

Las hipótesis son:

$$H_0 : \beta_2 = 0$$

$$H_1 : \beta_2 \neq 0$$

Se rechaza la hipótesis nula si  $T_0 > T_{\alpha/2}$  con  $n-2$  g.l. ( $n$  corresponde al número de períodos en que se realizaron mediciones, 14 períodos en el predio Picazo)

En este caso  $T$  es igual a 2,179, siendo los valores  $T_0$  para los coeficientes  $\beta_2$  de las regresiones, mayores que  $T$  tanto en altura media como también en ton/ha. Esto señala evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por lo cual los coeficientes de regresión son significativos al nivel de significancia del 5%, y por ende la precipitación total del período es una variable explicativa de la dinámica del suelo.

Los coeficientes  $\beta_1$  no son significativos en la regresión, lo cual es lógico ya que para una precipitación igual a cero corresponde una erosión hídrica igual a cero.

Con respecto a la bondad del ajuste, los coeficientes de determinación  $R^2$  y  $R^2$  ajustado, señalan que los mejores resultados son en suelo movilizado, correspondiendo su valor sobre el 80,0%. Esto significa que más del 80,0% de la variación del suelo movilizado del período está explicado por la variación de la precipitación total ocurrida en dicho lapso.

La variación total de la erosión media es explicada en casi un 70,0% por la precipitación, en tanto la variación total de la erosión neta media es explicada en cerca del 50% por la precipitación total por período.

### 5.2.2 Resultados Predio Panguilemo.

Al igual que los resultados obtenidos en el predio Picazo, los resultados del predio Panguilemo son presentados en altura media (mm) y en toneladas por hectárea, en medias totales y por parcela (anexo I). Cabe recordar que las mediciones en el predio Panguilemo fueron efectuadas un mes después que en el predio Picazo, ya que se debió esperar el efecto de un herbicida que eliminó la cubierta y raíces herbáceas que presentaba el suelo al momento de iniciar el estudio.

#### 5.2.2.1 Medias Totales Predio Panguilemo.

TABLA N° 8  
ALTURA MEDIA DE CLAVOS DE EROSIÓN  
PREDIO PANGUILEMO

| Fecha    | P  | Resultados absolutos<br>mm |             |             |             |              | Resultados Relativos<br>mm |             |             |             |             | Resultados relativos<br>acumulados mm |      |      |      |
|----------|----|----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|------|------|------|
|          |    | SM                         | E           | S           | EN          | PP           | SM                         | E           | S           | EN          | PP          | SM                                    | E    | S    | EN   |
| 15/07/97 | 0  | 0,0                        | 0,0         | 0,00        | 0,00        | 0,00         | 0,00                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00                                  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26/07/97 | 1  | 0,00                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,1          | 0,00                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,10        | 0,00                                  | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02/08/97 | 2  | 0,26                       | 0,23        | 0,03        | 0,20        | 45,8         | 0,26                       | 0,23        | 0,03        | 0,20        | 45,70       | 0,26                                  | 0,23 | 0,03 | 0,20 |
| 20/08/97 | 3  | 1,11                       | 0,70        | 0,41        | 0,29        | 118,9        | 0,85                       | 0,47        | 0,38        | 0,09        | 73,10       | 1,11                                  | 0,70 | 0,41 | 0,29 |
| 30/08/97 | 4  | 1,11                       | 0,70        | 0,41        | 0,29        | 119,1        | 0,00                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,20        | 1,11                                  | 0,70 | 0,41 | 0,29 |
| 15/09/97 | 5  | 1,50                       | 1,00        | 0,50        | 0,50        | 187,6        | 0,39                       | 0,30        | 0,09        | 0,21        | 68,50       | 1,50                                  | 1,00 | 0,50 | 0,50 |
| 28/09/97 | 6  | 1,56                       | 1,10        | 0,46        | 0,64        | 199,9        | 0,14                       | 0,10        | -0,04       | 0,14        | 12,30       | 1,64                                  | 1,14 | 0,50 | 0,64 |
| 12/10/97 | 7  | 1,74                       | 1,31        | 0,43        | 0,88        | 246,2        | 0,24                       | 0,21        | -0,03       | 0,24        | 46,30       | 1,88                                  | 1,38 | 0,50 | 0,88 |
| 24/10/97 | 8  | 2,12                       | 1,75        | 0,37        | 1,38        | 329,9        | 0,50                       | 0,44        | -0,06       | 0,50        | 83,70       | 2,38                                  | 1,88 | 0,50 | 1,38 |
| 08/11/97 | 9  | 2,26                       | 1,94        | 0,32        | 1,62        | 344,3        | 0,24                       | 0,19        | -0,05       | 0,24        | 14,40       | 2,62                                  | 2,12 | 0,50 | 1,62 |
| 23/11/97 | 10 | 2,38                       | 2,00        | 0,38        | 1,62        | 369,3        | 0,12                       | 0,06        | 0,06        | 0,00        | 25,00       | 2,74                                  | 2,18 | 0,56 | 1,62 |
| 07/12/97 | 11 | 2,38                       | 2,00        | 0,38        | 1,62        | 369,3        | 0,00                       | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 2,74                                  | 2,18 | 0,56 | 1,62 |
| 21/12/97 | 12 | <b>2,38</b>                | <b>2,00</b> | <b>0,38</b> | <b>1,62</b> | <b>372,2</b> | <b>0,00</b>                | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>2,90</b> | 2,74                                  | 2,18 | 0,56 | 1,62 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Donde:

SM: Suelo movilizado medio.

E : Erosión media.

S : Sedimentación media.

EN : Erosión neta media.

PP : Precipitación.

P : Período.

Los resultados obtenidos muestran una erosión neta equivalente a suponer que en el área se pierde una lámina de suelo de espesor o altura media de 1,62 mm, en tanto el suelo movilizado medio correspondió a 2,38 mm, para una precipitación total en el período de 372,2 mm. Al igual que en los resultados del predio Picazo, la erosión superó a la sedimentación, alcanzando una altura media de 2,0 mm en el caso de la erosión y 0,38 mm en el caso de la sedimentación, lo cual permite suponer que en área se pierde una lámina de suelo de espesor o altura media de 2,0 mm, pero al mismo tiempo ingresa a la parcela una lámina de suelo de espesor o altura media, de 0,38 mm.

La tabla anterior muestra además, valores con signo negativo en los resultados de la sedimentación media para varios períodos, lo cual indica que se ha producido erosión en clavos que presentaban altura de sedimentación.

**TABLA N° 9**  
**MEDIAS EN TONELADAS POR HECTÁREA**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| Fecha    | P  | Resultados absolutos<br>mm |       |      |       |              | Resultados Relativos<br>mm |      |       |      |             | Resultados relativos<br>acumulados mm |       |      |       |
|----------|----|----------------------------|-------|------|-------|--------------|----------------------------|------|-------|------|-------------|---------------------------------------|-------|------|-------|
|          |    | SM                         | E     | S    | EN    | PP           | SM                         | E    | S     | EN   | PP          | SM                                    | E     | S    | EN    |
| 15/07/97 | 0  | 0,00                       | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00        | 0,00                                  | 0,00  | 0,00 | 0,00  |
| 26/07/97 | 1  | 0,00                       | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,1          | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,10        | 0,00                                  | 0,00  | 0,00 | 0,00  |
| 02/08/97 | 2  | 4,24                       | 3,75  | 0,49 | 3,26  | 45,8         | 4,24                       | 3,75 | 0,49  | 3,26 | 45,70       | 4,24                                  | 3,75  | 0,49 | 3,26  |
| 20/08/97 | 3  | 18,09                      | 11,41 | 6,68 | 4,73  | 118,9        | 13,86                      | 7,66 | 6,19  | 1,47 | 73,10       | 18,10                                 | 11,41 | 6,68 | 4,73  |
| 30/08/97 | 4  | 18,09                      | 11,41 | 6,68 | 4,73  | 119,1        | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,20        | 18,10                                 | 11,41 | 6,68 | 4,73  |
| 15/09/97 | 5  | 24,45                      | 16,30 | 8,15 | 8,15  | 187,6        | 6,36                       | 4,89 | 1,47  | 3,42 | 68,50       | 24,46                                 | 16,30 | 8,15 | 8,15  |
| 28/09/97 | 6  | 25,43                      | 17,93 | 7,50 | 10,43 | 199,9        | 2,28                       | 1,63 | -0,65 | 2,28 | 12,30       | 26,74                                 | 18,58 | 8,15 | 10,43 |
| 12/10/97 | 7  | 28,36                      | 21,35 | 7,01 | 14,34 | 246,2        | 3,91                       | 3,42 | -0,49 | 3,91 | 46,30       | 30,65                                 | 22,49 | 8,15 | 14,34 |
| 24/10/97 | 8  | 34,56                      | 28,53 | 6,03 | 22,49 | 329,9        | 8,15                       | 7,17 | -0,98 | 8,15 | 83,70       | 38,80                                 | 30,64 | 8,15 | 22,49 |
| 08/11/97 | 9  | 36,84                      | 31,62 | 5,22 | 26,40 | 344,3        | 3,91                       | 3,10 | -0,81 | 3,91 | 14,40       | 42,71                                 | 34,55 | 8,15 | 26,40 |
| 23/11/97 | 10 | 38,79                      | 32,60 | 6,20 | 26,40 | 369,3        | 1,95                       | 0,98 | 0,98  | 0,00 | 25,00       | 44,66                                 | 35,53 | 9,13 | 26,40 |
| 07/12/97 | 11 | 38,79                      | 32,60 | 6,20 | 26,40 | 369,3        | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00        | 44,66                                 | 35,53 | 9,13 | 26,40 |
| 21/12/97 | 12 | 38,79                      | 32,60 | 6,20 | 26,40 | <b>372,2</b> | 0,00                       | 0,00 | 0,00  | 0,00 | <b>2,90</b> | 44,66                                 | 35,53 | 9,13 | 26,40 |

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el período en estudio se obtuvo una erosión neta media de 26,4 ton/ha, para una situación de suelo desnudo y pendiente entre 5% y 10%. El resultado de suelo movilizado medio es de 38,8 ton/ha. La erosión media es de 32,6 ton/ha, en tanto la sedimentación media es de 6,2 ton/ha.

El último período registró erosión neta igual a cero, lo cual indica que la pérdida de suelo o erosión media, fue igual a la entrada de suelo a la parcela o sedimentación media.

### 5.2.2.2 Determinación de Diferencias de Medias entre Parcelas Predio Panguilemo.

TABLA N° 10  
ANÁLISIS DE VARIANZA, MINITAB

| Suelo movilizado    | g.l.       | SC             | CM   | F <sub>0</sub> | P     |
|---------------------|------------|----------------|------|----------------|-------|
| Tratamientos        | 2          | 1,26           | 0,63 | 0,16           | 0,848 |
| Error               | 408        | 1552,94        | 3,81 |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>410</b> | <b>1554,20</b> |      |                |       |
| Erosión Media       | g.l.       | SC             | CM   | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 0,4            | 0,20 | 0,06           | 0,946 |
| Error               | 408        | 1486,31        | 3,64 |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>410</b> | <b>1487,31</b> |      |                |       |
| Sedimentación Media | g.l.       | SC             | CM   | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 0,2            | 0,1  | 0,06           | 0,943 |
| Error               | 408        | 692,69         | 1,7  |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>410</b> | <b>692,89</b>  |      |                |       |
| Erosión Neta Media  | g.l.       | SC             | CM   | F <sub>0</sub> | P     |
| Tratamientos        | 2          | 0,08           | 0,04 | 0,01           | 0,994 |
| Error               | 408        | 2812,12        | 6,89 |                |       |
| <b>Total</b>        | <b>410</b> | <b>2812,20</b> |      |                |       |

FUENTE: ANÁLISIS DE VARIANZA MINITAB

Donde:

SCT: Suma de cuadrados de tratamientos.

SCE: Suma de cuadrados del error.

CMT: Cuadrado medio de los tratamientos.

CME: Cuadrado medio del error.

El valor de F (tabulado) es de  $F=3$  para un  $\alpha=5\%$  con 2 y 410 g.l., por lo cual se acepta la hipótesis nula sobre la igualdad de medias para las medias, de suelo movilizado, erosión, sedimentación y erosión neta, ya que ningún  $F_0$  es mayor a F (tabulado).

### 5.2.2.3 Relaciones Matemáticas Dinámica de Suelo V/S Precipitación total Período Predio Panguilemo.

TABLA N° 11  
REGRESIONES DINÁMICAS DE SUELO V/S PRECIPITACIÓN  
PREDIO PANGUILEMO (altura media mm)

| Alturas medias (mm)    | REGRESIÓN             | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> (ADJ) | T <sub>0</sub> | P     |
|------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|----------------|-------|
| Suelo movilizado medio | Y= 0,0059 + 0,00717 X | 77,0%          | 74,7%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    | 0,0059                |                |                      | 0,11           | 0,914 |
| Coef β <sub>2</sub>    | 0,00717               |                |                      | 5,79           | 0,000 |
|                        |                       |                |                      |                |       |
| Erosión media          | Y= 0,0064 + 0,00517 X | 90,1%          | 89,1%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    | 0,0064                |                |                      | 0,27           | 0,790 |
| Coef β <sub>2</sub>    | 0,00517               |                |                      | 9,52           | 0,000 |
|                        |                       |                |                      |                |       |
| Erosión neta media     | Y= 0,0251 + 0,00354 X | 52,1%          | 47,3%                |                |       |
| Coef β <sub>1</sub>    |                       |                |                      | 0,54           | 0,600 |
| Coef β <sub>2</sub>    |                       |                |                      | 3,30           | 0,008 |
|                        |                       |                |                      |                |       |
|                        |                       |                |                      |                |       |

FUENTE: ANALISIS REGRESIÓN MINITAB.

Al igual que en el caso de las regresiones elaboradas para el predio Picazo, las regresiones del predio Panguilemo son sometidas a la prueba de significancia del coeficiente de regresión β<sub>2</sub>. En este caso T (tabulado) es igual a 2,228 y los valores de T<sub>0</sub> calculados para los coeficientes β<sub>2</sub>, para las tres regresiones, son mayores. Esto señala evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, por lo cual los coeficientes de regresión son significativos al nivel de significancia del 5% y por ende la precipitación total del período es una variable explicativa de los procesos de la dinámica del suelo.

### **5.2.3 Comparación de medias entre Predio Picazo y Predio Panguilemo.**

Los resultados medios entre las dos situaciones son comparados a través del procedimiento de comparación simple de dos medias descrito en la metodología.

Debido a que las mediciones comenzaron en diferentes períodos de tiempo, Picazo en el mes de Junio y Panguilemo en el mes de Julio, se procedió a ajustar los datos del predio Picazo al período de inicio de mediciones del predio Panguilemo, por lo cual se considera como período cero o inicio de las mediciones en el predio Picazo al período N° 2 ( 11 / 07/ 97). La experiencia en el predio Panguilemo se inició el 15/07/97.

Hipótesis nula:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Hipótesis alternativa:

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Los resultados se muestran a continuación:

**TABLA N° 12**  
**COMPARACIÓN DE MEDIAS PREDIO PICAZO Y PANGUILEMO**

| PREDIO                      | Altura media de clavos (mm) |           |           |           | Medias en ton/ha |           |           |           |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|
|                             | SM                          | E         | S         | EN        | SM               | E         | S         | EN        |
| <b>PICAZO</b>               |                             |           |           |           |                  |           |           |           |
| Media                       | 2,64                        | 2,23      | 0,41      | 1,83      | 33,5             | 28,3      | 5,2       | 23,0      |
| Observaciones               | 390                         | 390       | 390       | 390       | 390              | 390       | 390       | 390       |
| Varianza $S^2_1$            | 9,51                        | 7,22      | 5,87      | 16,6      | 1534,2           | 1164,06   | 947,16    | 2687,83   |
| <b>PANGUILEMO</b>           |                             |           |           |           |                  |           |           |           |
| Media                       | 2,38                        | 2,00      | 0,38      | 1,62      | 38,8             | 32,6      | 6,2       | 26,4      |
| Observaciones               | 411                         | 411       | 411       | 411       | 411              | 411       | 411       | 411       |
| Varianza $S^2_1$            | 3,79                        | 3,64      | 1,96      | 6,86      | 1007,54          | 965,92    | 449,01    | 1822,31   |
| <b>Prueba F</b>             |                             |           |           |           |                  |           |           |           |
| $F_0$                       | 2,51                        | 1,98      | 3,47      | 2,43      | 1,52             | 1,21      | 2,11      | 1,47      |
| Valor crítico F (una cola)  | 1,18                        | 1,18      | 1,18      | 1,18      | 1,18             | 1,18      | 1,18      | 1,18      |
| g.l.                        | (389,410)                   | (389,410) | (389,410) | (389,410) | (389,410)        | (389,410) | (389,410) | (389,410) |
| Dif sig                     | <b>SI</b>                   | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>SI</b>        | <b>SI</b> | <b>SI</b> | <b>SI</b> |
| <b>Prueba T</b>             |                             |           |           |           |                  |           |           |           |
| Caso                        | 2                           | 2         | 2         | 2         | 2                | 2         | 2         | 2         |
| $T_0$                       | 1,36                        | 1,32      | 0,21      | 0,77      | -2,14            | -1,91     | -0,52     | -1,02     |
| Valor crítico T (dos colas) | 1,96                        | 1,96      | 1,96      | 1,96      | 1,96             | 1,96      | 1,96      | 1,96      |
| g.l.                        | 652                         | 698       | 589       | 657       | 749              | 782       | 686       | 754       |
| <b>DIF SIG</b>              | <b>NO</b>                   | <b>NO</b> | <b>NO</b> | <b>NO</b> | <b>SI</b>        | <b>NO</b> | <b>NO</b> | <b>NO</b> |

FUENTE: ANÁLISIS PLANILLA EXCEL.

Los resultados muestran que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula con relación a las alturas medias de suelo movilizado, erosión, sedimentación y erosión neta, por lo cual no hay diferencias significativas entre las alturas medias al final del período (medias absolutas).

Para el caso de los resultados en ton/ha, se produce diferencia en suelo movilizado, el cual es mayor en el predio Panguilemo. Hay que considerar que la densidad aparente del suelo del predio Panguilemo es de 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, en tanto, el suelo del Predio Picazo presenta una densidad aparente de 1,27 gr/cm<sup>3</sup>. Esto genera valores superiores de suelo movilizado, erosión, sedimentación y erosión neta en el predio Panguilemo, en comparación con los resultados obtenidos en el predio Picazo.

## 6.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 6.1 Resultados Predio Picazo y Panguilemo.

La mayoría de las investigaciones y metodologías utilizadas tendientes a cuantificar la erosión hídrica consideran, solamente, el suelo que se pierde en una superficie determinada, es decir, cuantifican solo la erosión producida en un lugar, sin atender a que también se produce el fenómeno de sedimentación, el cual implica la entrada de suelo a la superficie, disminuyendo la pérdida de suelo efectiva acontecida en el lugar.

El estudio llevado a cabo en esta oportunidad, considera las pérdidas de suelo que se producen en la superficie de las parcelas y además, las entradas de suelo que se producen por efecto del escurrimiento superficial, lo que genera el transporte de materiales desde otros sectores, lo que finalmente sedimenta en las partes más bajas debido a cambios de la velocidad del agua o a cambios en la pendiente. De esta forma se ha determinado que la pérdida de suelo es la diferencia entre las entradas y salidas de suelo que ocurren en la superficie de las parcelas, lo cual se ha definido como **Erosión Neta**. Los resultados de ésta son extrapolados a la superficie de una hectárea. Se ha considerado además, el suelo total que se moviliza en una superficie determinada como una medida de la magnitud de la dinámica del suelo en su respuesta a la acción de las precipitaciones y el escurrimiento superficial. Esto último se ha definido como **Suelo Movilizado**.

Debido a que las parcelas fueron instaladas en situación de ladera media, éstas recibieron materiales desde las zonas más altas de la parcela y desde otras zonas del lugar, debido al transporte del escurrimiento superficial.

#### 6.1.1 Resultados predio Picazo.

1) Esta investigación ha determinado que en el predio Picazo la erosión neta equivale a una lámina de altura media igual a 2.,46 mm, lo cual señala una pérdida de suelo neta de 31,2 ton/ha. Esto ha resultado de la diferencia entre la **altura media de erosión** igual a 3,52 mm (44,7 ton/ha) y la **altura media de sedimentación** igual a 1,06 mm (13,5 ton/ha), en situación de suelo desnudo, con pendiente entre 5% y 10% y ladera media de longitud 50 m. Cabe señalar que el nivel de precipitaciones durante los 7 meses en que se realizaron las mediciones fue de 1477 mm.

2) Los resultados por parcela en el predio Picazo, muestran que los procesos estudiados presentan diferencias significativas en las alturas medias de Suelo Movilizado, Sedimentación y Erosión Neta. Es así como se ha determinado que la parcela N° 2 es la generadora de las diferencias en los procesos señalados, no encontrándose diferencias significativas entre las alturas medias de la parcela N° 1 y la parcela N° 3. A pesar de que la pendiente entre las parcelas fluctúa solamente entre 5 % y 10 %, este rango es suficiente para generar diferencias significativas entre las medias. También hay que considerar que dentro de la parcela se producen cambios de pendiente que ayudan a producir efectos diferentes entre las parcelas. La parcela N° 2 presenta la mayor pendiente 10% (media), pero dentro de ella se presenta un cambio en su magnitud en los últimos 3 metros disminuyendo a un 3 %, lo cual generó un sector en el que dominó, significativamente, el proceso de sedimentación. Esto derivó a que esta parcela presentara niveles significativos de sedimentación en comparación a las otras dos parcelas, implicando además, un impacto en el suelo movilizado y la erosión neta media. Este último aspecto ha provocado que parcela N° 2 presente el mayor nivel de suelo movilizado y sedimentación media, pero al mismo tiempo, es la que presenta el menor nivel de erosión neta media (ver anexo I, tabla N° 1 ). La parcela N° 1 y parcela N° 3 no presentaron diferencias significativas en los procesos considerados debido a que sus pendientes presentaron mayor homogeneidad dentro de ellas y entre ellas. Así, la pendiente de la parcela N° 1 es de 7% y la pendiente de la parcela N° 3 es de 5%.

A pesar de no existir diferencias entre las medias de la parcela N° 1 y la parcela N° 3, ésta última, al presentar menor pendiente, muestra un valor medio mayor de sedimentación. La varianza de este proceso en la parcela N° 3 es significativamente mayor que la de la parcela N° 1. Esto indica que la sedimentación es un proceso que impacta en mayor grado a la parcela N° 3 y lo cual genera que la erosión neta media en ella fuera menor, siendo los niveles de erosión media semejantes entre ambas parcelas. **Esto último señala que pequeños cambios en la pendiente han generado un mayor o menor grado de sedimentación, es decir, de retención de las partículas de suelo que son transportadas por el escurrimiento, provocando menores pérdidas efectivas o erosión neta del suelo.**

3) Con respecto a la relación entre la **precipitación** y los procesos que componen la dinámica del suelo en estudio, se observa en los resultados relativos, que es principalmente en los períodos de mayor precipitación en donde se genera los mayores resultados en los procesos de Suelo Movilizado y Erosión neta media (resultado de la Erosión y Sedimentación media). Es así que son los períodos 1, 5, 7 (representan el 23% de los días que duró el estudio) los cuales responden a esta situación, períodos que aportan un 55% del Suelo Movilizado, un 66% de la Erosión Media, 30% de la Sedimentación Media y un 88% de la Erosión Neta Media. La precipitación para éstos períodos, correspondió al 60% de la precipitación total. De esta manera es INTENSIDAD de la precipitación la causa principal de la erosión hídrica en este estudio.

### **6.1.2 Resultados predio Panguilemo.**

- 1) Con respecto al predio Panguilemo, se ha obtenido que la erosión neta media correspondió a una altura de 1,62 mm (26,4 ton/ha), diferencia generada entre la altura media de erosión igual a 2,0 mm (32,6 ton/ha) y la altura media de sedimentación igual a 0,38 mm (6,2 ton/ha). El suelo movilizado alcanzó a 2,3 mm (38,8 ton/ha).
  
- 2) El análisis estadístico ha señalado que no hay diferencias significativas entre las medias de las parcelas. Se debe señalar además, que las pendientes de las parcelas correspondieron a 7 % en todos los casos. Esta homogeneidad ha provocado niveles muy similares entre las medias de las parcelas, referidas a los procesos estudiados.
  
- 3) Al igual que en el predio Picazo, la relación entre la precipitación y los procesos que componen la dinámica del suelo en el predio Panguilemo, se observa en los resultados relativos, que es igualmente en los períodos de mayor precipitación en donde se genera los mayores resultados en los procesos de Suelo Movilizado y Erosión neta media (resultado de la Erosión y Sedimentación media). Los períodos 3, 5, 8 (representan un 28% de los días totales que duró el estudio) responden a esta situación, períodos que aportan un 64% de la altura media de Suelo Movilizado, un 56% de la Erosión Media, 83% de la Sedimentación Media y un 50% de la altura de Erosión Neta Media. La precipitación para éstos períodos, correspondió al 60% de la precipitación total.

### **6.2 Comparación resultados Predio Picazo y Predio Panguilemo.**

La comparación estadística entre las situaciones estudiadas, para el mismo período de tiempo, ha indicado que no existen diferencias significativas en las alturas medias de los procesos estudiados, pero se presentan resultados de alturas medias más altos en el predio Picazo. Los resultados expresados en toneladas por hectárea señalan la presencia de diferencias significativas en Suelo Movilizado, siendo éstas de mayor magnitud en el predio Panguilemo. Esto último, y como ya se ha señalado, se debe a que la densidad aparente del suelo del predio Panguilemo ( $1,63 \text{ ton/m}^3$ ) es mayor que la densidad aparente del suelo del predio Picazo ( $1,27 \text{ ton/m}^3$ ), lo que ha generando mayores resultados en toneladas por hectárea en todos los procesos.

Pese a que en el predio Picazo se presentó una precipitación que correspondió a más del triple (1477 mm) de la precipitación acontecida en el predio Panguilemo (372,2 mm), las alturas medias no presentaron diferencias significativas, aunque los resultados más altos se presentaron en el predio Picazo.

Una consideración importante referente a los resultados obtenidos y que tiene relación con el método utilizado, es:

- a) La medición de los clavos de erosión y su posterior resultado medio, representa el nivel final que presentó el suelo al momento de la medición. Es así como las medias de ambos predios podrían haber resultado perfectamente iguales.
- b) Las variaciones de alturas medias que se presentaron entre los períodos en que se efectuaron las mediciones, son diferentes y señalan las diferencias entre ambas situaciones.

Es así como el análisis de las varianzas muestrales señala en todos los casos diferencias significativas ( Ver tabla N°12), lo cual indica que la variabilidad de las alturas medias de los procesos en el predio Picazo son mayores y corresponden a más del doble en comparación al predio Panguilemo. Este hecho se refleja en los resultados finales de alturas medias relativas acumuladas. El Predio Picazo presenta una altura media relativa acumulada de 3,53 mm en suelo movilizado, lo cual representa un 22 % mayor a la media del predio Panguilemo, igual a 2,74 mm. En erosión media la altura media relativa acumulada es de 2,69 mm, un 20 % mayor a la media del predio Panguilemo (2,18 mm). En sedimentación media la altura media relativa acumulada correspondió a 0,84 mm, un 33,3% más que la altura media relativa acumulada del predio Panguilemo (0,56 mm) y finalmente, en erosión neta, la altura media relativa acumulada en el predio Picazo es de 1,85 mm, un 13 % mayor a la altura media relativa acumulada del predio Panguilemo (1,62 mm). **Este hecho justifica plenamente las mediciones intermedias que se realizaron durante el tiempo en que ha durado el estudio, lo cual se constituye en un aspecto fundamental al aplicar el método de los clavos de erosión.**

Las alturas medias relativas acumuladas se presentan en los siguientes gráficos tanto para el predio Picazo como para el predio Panguilemo, para el período total de duración del estudio en ambas situaciones. Para lograr comparar las situaciones en estudio, las curvas de los resultados relativos acumulados (alturas medias) del predio Picazo, son presentadas para el mismo tiempo de inicio de las mediciones en el predio Panguilemo (gráfico N° 4).

GRÁFICO N° 2

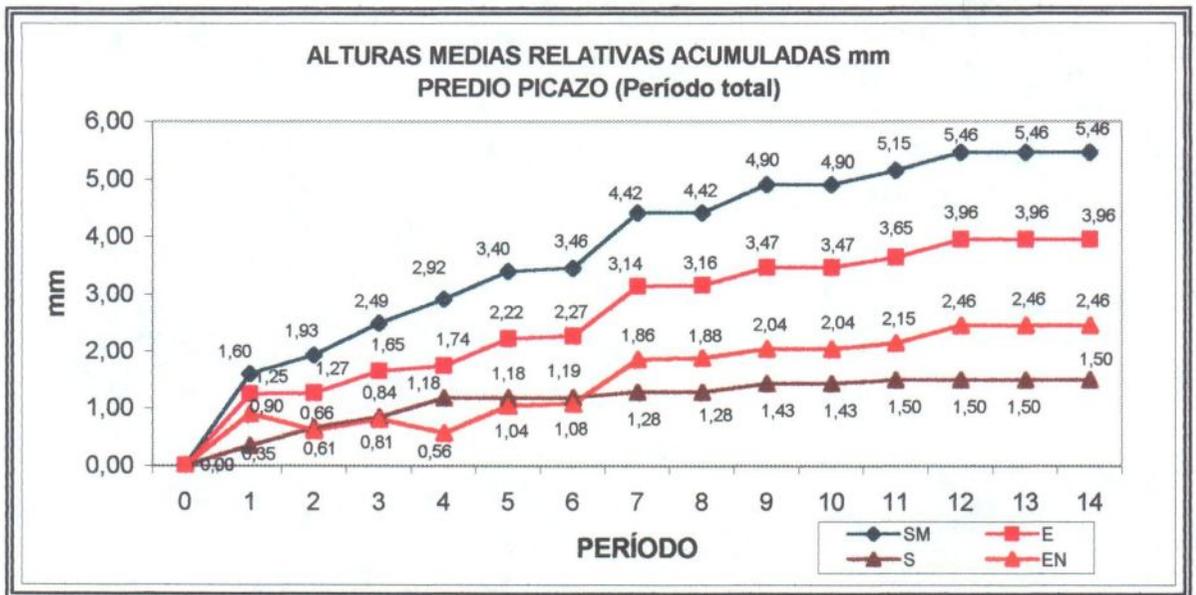


GRÁFICO N° 3

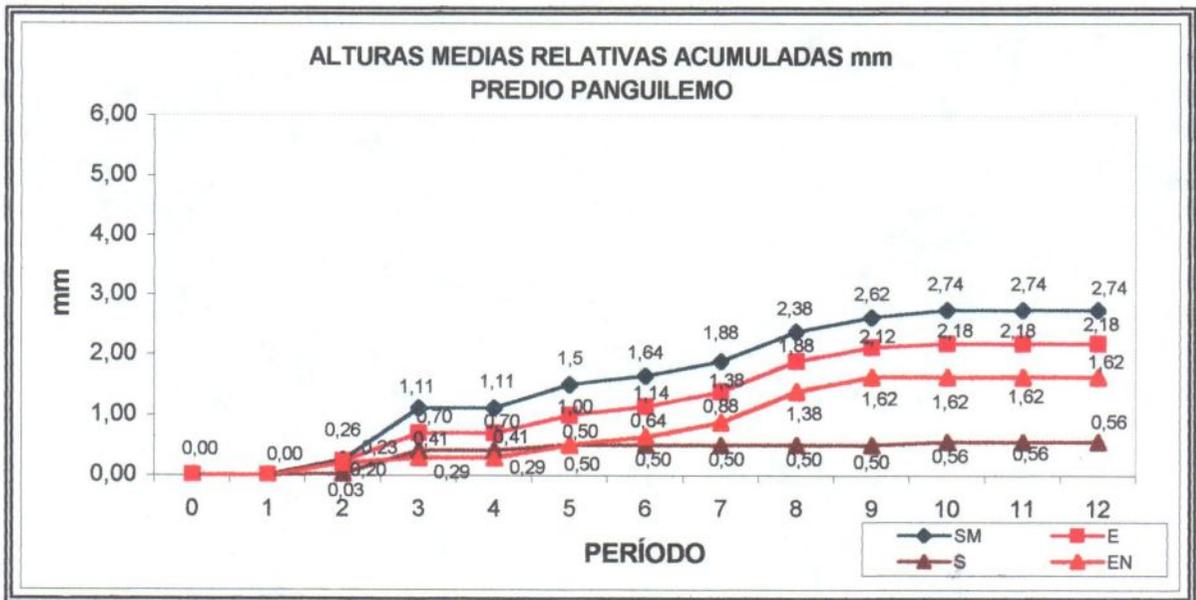
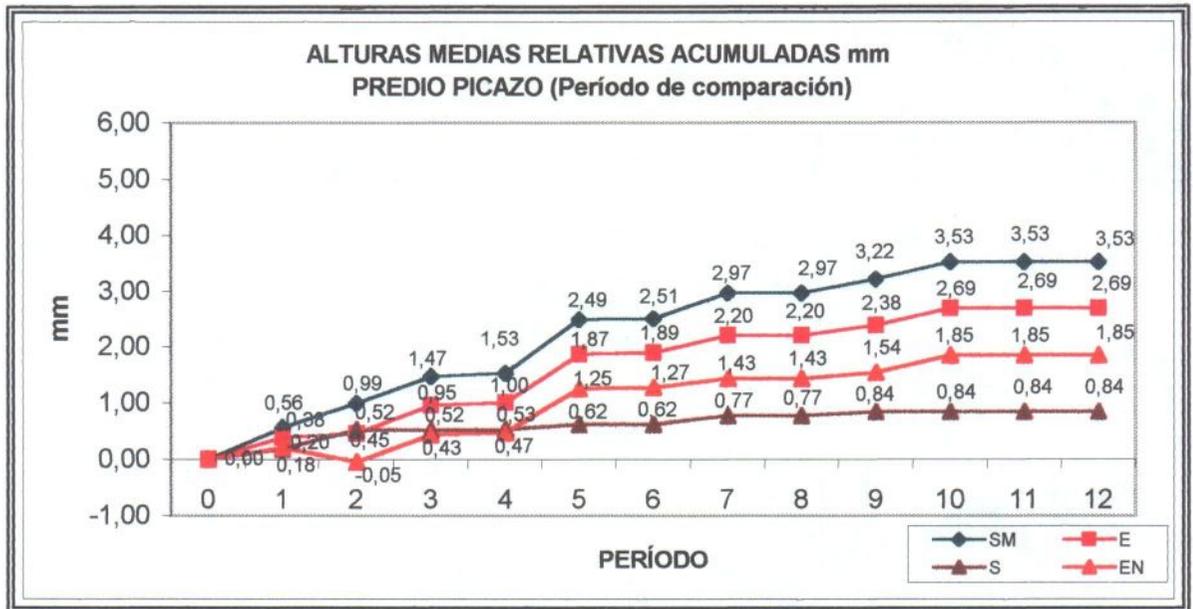


GRÁFICO N° 4



Los gráficos muestran las curvas de alturas medias acumuladas, las cuales presentan una tendencia creciente en el tiempo a excepción de los resultados de Erosión Neta, la que presenta fluctuación, es decir, alzas y bajas en algunos períodos. Esto último hecho es debido a que en esos períodos el proceso dominante no fue la erosión, sino que el proceso dominante correspondió a la sedimentación, lo que genera menores pérdidas netas de suelo.

Los gráficos N° 3 y N° 4, permiten comparar las situaciones presentadas entre los predios Picazo y Panguilemo, observándose cómo las curvas del predio Picazo, alcanzan una mayor altura en comparación a las curvas que representan las alturas medias de los procesos acontecidos en el predio Panguilemo, lo cual implica que los procesos en el predio Picazo presentaron una mayor variación que los procesos en el predio Panguilemo, a pesar de que las alturas medias finales no presentan diferencias significativas desde el punto de vista estadístico. Esta comparación de alturas medias relativas acumuladas, se presenta en los gráficos del anexo III, en los cuales se aprecian con mayor claridad, las curvas de los procesos del predio Picazo por sobre las curvas de los procesos del predio Panguilemo, a excepción de la erosión neta que presenta en ciertos períodos valores más bajos en el predio Picazo, en comparación al predio Panguilemo.

Para determinar si existen diferencias significativas entre los resultados medios de las alturas relativas acumuladas (SM, E, S, EN) en ambos predios y en el mismo instante del tiempo, se ha utilizado un análisis estadístico de prueba t, para medias de dos muestras emparejadas.

El test señala que hay diferencias significativas en todos los procesos entre los resultados relativos acumulados, lo cual reafirma el hecho que en el predio Picazo los procesos acontecidos fueron de mayor magnitud, debido a su mayor variabilidad, que los acontecidos en el predio Panguilemo, aún cuando las alturas medias finales hayan arrojado que no hay diferencias entre las medias finales (ver anexo III).

### **6.3 Consideraciones prácticas de la metodología de los clavos de erosión.**

Esta investigación tuvo como propósito cuantificar uno de los problemas ambientales más relevantes en la actualidad, debido a las implicancias que conlleva el proceso erosivo. Al mismo tiempo, se ha aplicado una metodología que hasta el momento no había sido utilizada y que finalmente ha probado ser efectiva, para la generación de la información básica y para enfrentar de mejor forma el problema de la erosión hídrica de los suelos.

El transcurso de la investigación no estuvo exenta de dificultades. Es así como se debieron enfrentar los siguientes problemas:

- a) El tardío registro de datos, debido a las inclemencias del tiempo, ya que no es posible realizar mediciones en los clavos en condiciones de precipitación, lo cual determinó que la información fuese recopilada cuando las condiciones de precipitación cesaron. A pesar de esto, se logró un promedio de 2 registros por mes.
- b) La pérdida de clavos de erosión debido al ingreso de animales a las parcelas, lo cual genera que esta metodología deba considerar entre sus costos cercar las parcelas.
- c) Pérdida de registros de precipitaciones en los pluviogramas, debido a la presencia de intensas precipitaciones en el sector precordillerano del predio Picazo, lo que generó que el pluviógrafo utilizado no funcionara adecuadamente frente a esas condiciones, perdiendo registros de datos de precipitación en dos horas.

### **6.3.1 Ventajas y Desventajas de la Metodología de los Clavos de Erosión.**

A continuación se señalan algunas ventajas y desventajas del método experimental de los clavos de erosión:

#### **a) Ventajas.**

- Bajo costo. Para el estudio el costo total de implementación correspondió a \$130.000, el cual incluye los materiales siguientes: pintura, rayos de bicicleta, cercado de las parcelas, pluviogramas, formularios de registros de datos, reglas, herbicida y un costo variable, mensual, correspondiente a alimentación y transporte a los predios, de 8.000 \$/mes. Estos costos no incluyen el pluviógrafo utilizado en el predio Picazo y tampoco los análisis de laboratorio referidos a la determinación de la densidad aparente de los suelos, ya que éstos fueron facilitados por la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad de Talca.
- Fácil de implementar. No se requiere de procedimientos complejos.
- Permite observar el comportamiento del suelo en el transcurso del tiempo con mayor detalle que otros métodos.
- Se ajusta más a la realidad, ya que el trabajo con este método se realiza completamente en terreno.
- Permite cuantificar la erosión y la sedimentación ocurrida en un sector determinado, lo cual genera estimaciones más precisas de la pérdida efectiva de suelo que se produce en un lugar, producto de las precipitaciones, elemento que no es considerado por la mayoría de las metodologías utilizadas para cuantificar este fenómeno.

#### **b) Desventajas.**

- Tiempo requerido para realizar las mediciones. La necesidad de tiempo alcanza a 120 minutos por situación y con una sola persona realizando el trabajo.
- No es posible realizar mediciones en condiciones de precipitación.
- Se dificulta su aplicación en condiciones de mayor pendiente y en lugares con presencia de algún tipo de cubierta vegetal a nivel del suelo.
- Es necesario esperar varias lluvias para medir el impacto de ésta sobre el suelo.

## 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El método de los clavos de erosión es un método adecuado para cuantificar la erosión hídrica producida en un sector determinado, ya que no solo cuantifica la erosión hídrica propiamente tal, sino que también cuantifica la entrada de suelo, es decir, la sedimentación que se produce en el mismo lugar. Esto permite establecer un balance entre pérdidas y entradas de suelo en un sector determinado, permitiendo realizar estimaciones más reales de las pérdidas de suelo producidas en el lugar, lo cual diferencia a este método de los métodos tradicionales, que al no considerar este hecho, sobreestiman la erosión.
- Relacionado con lo anterior, los resultados de esta investigación señalan que si en el predio Picazo se consideran solamente las salidas de suelo, es decir la erosión (erosión = 3,52 mm ó 44,7 ton/ha), la verdadera pérdida de suelo (erosión) es sobreestimada en un 30%, debido a que el suelo que entra o sedimenta en el área (sedimentación = 1,06 mm ó 13,5 ton/ha), disminuye las pérdidas netas de suelo (erosión neta = 2,46 mm ó 31,2 ton/ha). En el predio Panguilemo esta relación llega al 20%.
- Al comparar las alturas medias de ambas situaciones para cada uno de los procesos considerados (SM, E, S, EN), no se obtienen diferencias significativas entre ellas, lo cual señala que aplicando esta metodología se puede llegar a obtener medias perfectamente iguales. Lo que en definitiva diferenciará los resultados de las situaciones serán las variaciones que experimenten los procesos en el transcurso del tiempo en cada situación, encontrándose en este estudio que los procesos presentaron mayor variabilidad en el predio Picazo, lo cual indica mayor impacto de la precipitación sobre el suelo de este Predio (comprobado con análisis de varianza).
- Uno de los factores que influyen significativamente en el mayor o menor grado de la erosión hídrica y que puede ser manejado por el hombre, corresponde a la pendiente del terreno. El análisis de los resultados obtenidos señala que al presentarse una pequeña disminución de la pendiente de las parcelas del predio Picazo (dentro del rango establecido de 5% y 10%), se intensifica el proceso de sedimentación, es decir, se intensifica la retención de materiales transportados por el escurrimiento. Esto indica que cualquier medida que tienda a disminuir la pendiente del terreno es apropiada para disminuir la pérdida efectiva de suelo o erosión neta que se produce en un lugar.

- En promedio aproximadamente el 50% de los resultados en alturas medias en todos los procesos estudiados en ambos predios, son aportados en los períodos donde ocurre la mayor *CANTIDAD* de precipitación (60% del total de precipitación en ambos predios), concentrándose en casi el 25% del tiempo de duración del estudio en cada situación, por lo cual es la intensidad de la precipitación es el principal factor de la erosión hídrica ocurrida en las situaciones estudiadas.
- Debido a los buenos resultados que se han obtenido con esta metodología, se recomienda implementar estudios que contemplen parcelas con clavos de erosión, cuantificando la erosión hídrica en condiciones de suelo desnudo y en rango de pendiente considerada en este estudio. Esta puede ser aplicada además, como metodología para el control del impacto que generan medidas de conservación de suelo que tiendan a controlar la acción erosiva de la precipitación. Esta metodología es aplicable para detectar la erosión del suelo desde su inicio, es decir, permite cuantificar la erosión laminar, la cual es poco perceptible en sus primeros estados y la más dañina ya que destruye los primeros centímetros del suelo, los más ricos en materia orgánica.
- Para obtener una mayor precisión en los resultados y una mayor cobertura de la superficie de la ladera en estudio, se debe aumentar el número de parcelas. Además es fundamental implementar junto a la metodología de los clavos de erosión, un pluviógrafo adecuado a las condiciones de precipitación de un área determinada, con la finalidad de obtener relaciones precipitación y dinámica de suelo, que permitan elaborar modelos matemáticos para el país, y poder cuantificar o estimar la erosión del suelo en forma más precisa.
- Finalmente, la erosión de los suelos es un problema que debe ser cuantificado y controlado con medidas y métodos eficientes, ya que no sólo se constituye como un problema ambiental, sino que también está asociado a problemas de tipo social. Sus consecuencias económicas provocan un constante proceso de pauperización social y migración de las poblaciones rurales.

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

**AGUILO, A et al.** 1984. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología (Serie de manuales N° 3). Centro de estudios de ordenamiento del territorio y medio ambiente, Madrid, España. 572 p.

**ALVAREZ, F.** 1986. Técnicas y trabajos usados en el manejo de cuencas para efectos de producción de agua potable. Santiago, Chile, CONAF VIII Región. Documento técnico N° 17. 8 p.

**CARRASCO, P.** 1994. Evaluación de pérdidas de suelos por erosión hídrica bajo uso agrícola y forestal. In : Seminario erosión, cultivos y recuperación de suelos. Santiago 6 de Septiembre 1994. Santiago, Chile. 36 p.

**CARRASCO, R, et al.** 1996. Antecedentes de la erosión de suelos en la VIII Región. CONAF VIII Región. Chile. 15 p.

**CIRENCORFO.** 1989. Descripciones de suelos, Estudio agrológico, complementario semi detallado, Tomo 2, VII Región. Santiago, Chile. 186p.

**CONAF.** 1998. Ley 19.561 Modifica el Decreto Ley 701, de 1974, sobre Fomento Forestal. Santiago, Chile. Revista Chile Forestal, Documento Técnico N° 116. 8P.

**CONAMA.** 1994. Propuesta; Plan nacional de conservación de suelos. Santiago, Chile. 119 p.

**DOUROJEANNI, A.** 1997. Entrevista personal. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

**DOUROJEANNI, A. Y PAULET, M.** 1967. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y su aplicación al planteamiento del uso de las tierras agrícolas. Estudio del factor de las lluvias en el Perú. Universidad Agraria, Facultad de Ingeniería Agrícola, Programa de conservación de suelos, Lima, Perú. 78 p.

**ERRAZURIZ, A *et al.*** 1987. Manual de geografía de Chile. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. 415p.

**FAO.** 1992. Suelos y agua N° 1. Erosión de los suelos en América Latina. Santiago, Chile. 219 p.

**GALLARDO, E.** 1994. Marco legal de la erosión, cultivos y recuperación de suelos. **In:** Seminario erosión, cultivos y recuperación de suelos. Santiago 6 de Septiembre 1994. Santiago, Chile. 36 p.

**GONZALEZ DEL TANAGO, M.** 1991. La ecuación Universal de Pérdida de Suelos, pasado, presente y futuro. ICONA, Madrid, España. 38 p.

**GUJARATI, D.** 1997. Econometría. 3a. ed. Editorial Mc Graw Hill, Bogotá, Colombia. 824p.

**IREN.** 1965. Evaluación de la erosión de la Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín. Santiago, Chile. 16 p.

**LOPEZ, F *et al.*** 1984. Metodología para la evaluación de la erosión hídrica. Dirección General del Medio Ambiente, Madrid, España. 150 p.

**LOPEZ , F. Y BLANCO, M.** 1968. Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica y del transporte y depósito de materiales. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, España. 200 p.

**MANCILLA, G.** 1996. El proceso de erosión en Chile : Alcances y proposiciones. CONAF documento técnico N° 97. Santiago, Chile. 6p.

**MENDENHALL, W. Y REINMUTH, J.** 1981. Estadística para administración y economía. Editorial Wadsworth internacional/ iberoamericana, México. 705p.

**MINTEGUI, J. Y LOPEZ, F.** 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. 306 p.

**PEÑA, L.** 1994. Erosión y conservación de suelos, Capítulo IX. p 215 -239. **In:** Suelos, una visión actualizada del recurso, publicaciones misceláneas N° 38. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Ingeniería de Suelos. Santiago, Chile. 345 p.

**PEÑALOZA, M. Y FUENTES, A.** 1982. Planificación y diseño del manejo integrado de las cuencas Pañul y Barranca. Tesis Ing. For. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 248 p.

**PERRET, D.** 1993. Una metodología simple para el dimensionamiento de parcelas de escorrentía. Ciencia e Investigación Forestal Volumen 7, N° 2, Santiago, Chile. 50 p.

**PIZARRO, R.** 1988. Elementos técnicos de hidrología II (Instructivos técnicos): Proyecto regional sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América Latina y el Caribe. UNESCO- Oficina Regional de Ciencia y Tecnología; CONAF, IV Región. Chile. 109 p.

**PIZARRO, R.** 1996. Análisis comparativo de modelos matemáticos precipitación - escorrentía en cuencas de la España Peninsular. Tesis Dr. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 277 p.

**RAMOS, J et al.** 1981. Tratado del medio natural, tomo III. Universidad Politécnica de Madrid, España. 491 p.

**SOTO, G.** 1998. Niveles críticos. En: Revista Chile Forestal N° 261. p. 9. Santiago, Chile.

**TORO, J.** 1994. Erosión, cultivos y recuperación de suelos; una visión técnica. p. 9-12. **In:** Erosión, Cultivos y Recuperación de Suelos. Santiago 6 de Septiembre 1994. Santiago, Chile. 36 p.

**YOUNG, A.** 1989. Agroforestry for soil conservation. International Council for Research in Agroforestry. C.A.B. International.276p.

**WISCHMEIER, W. Y SMITH, D.** 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation. Department of agriculture, U.S., Washington. Agriculture Handbook N° 537. 58 p.

# ANEXO I

## **TABLAS DE RESULTADOS MEDIOS POR PARCELA PREDIO PICAZO Y PANGUILEMO**

## A.- Resultados parcelas predio Picazo.

**TABLA N° 1**  
**ALTURAS MEDIAS ABSOLUTAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PICAZO**

|    | FECHA    | PARCELA N° 1 |      |      |      |       | PARCELA N° 2 |      |      |       |     | PARCELA N° 3 |      |      |       |       | PP (mm) |
|----|----------|--------------|------|------|------|-------|--------------|------|------|-------|-----|--------------|------|------|-------|-------|---------|
|    |          | SM           | E    | S    | EN   | clavo | SM           | E    | S    | EN    | lav | SM           | E    | S    | EN    | clavo |         |
| 0  | 08/06/97 | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 138   | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 140 | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 129   | 0,0     |
| 1  | 27/06/97 | 0,79         | 0,72 | 0,07 | 0,65 | 138   | 2,42         | 1,51 | 0,91 | 0,60  | 140 | 1,56         | 1,54 | 0,02 | 1,52  | 129   | 461,9   |
| 2  | 11/07/97 | 1,48         | 1,32 | 0,16 | 1,16 | 131   | 2,58         | 1,24 | 1,34 | -0,10 | 140 | 1,67         | 1,26 | 0,41 | 0,85  | 129   | 510,5   |
| 3  | 25/07/97 | 2,13         | 1,80 | 0,33 | 1,47 | 131   | 2,89         | 1,61 | 1,28 | 0,33  | 140 | 2,43         | 1,54 | 0,89 | 0,65  | 129   | 523,3   |
| 4  | 08/08/97 | 2,56         | 2,12 | 0,44 | 1,68 | 127   | 3,58         | 1,99 | 1,59 | 0,40  | 137 | 2,54         | 1,08 | 1,46 | -0,38 | 128   | 675,0   |
| 5  | 22/08/97 | 2,49         | 1,90 | 0,59 | 1,31 | 126   | 3,10         | 1,90 | 1,20 | 0,70  | 137 | 2,10         | 1,62 | 0,48 | 1,14  | 128   | 841,3   |
| 6  | 31/08/97 | 2,59         | 2,04 | 0,55 | 1,49 | 126   | 3,19         | 1,90 | 1,29 | 0,61  | 137 | 2,10         | 1,64 | 0,46 | 1,18  | 128   | 866,8   |
| 7  | 13/09/97 | 2,91         | 2,59 | 0,32 | 2,27 | 126   | 4,86         | 2,87 | 1,99 | 0,88  | 136 | 2,94         | 2,71 | 0,23 | 2,48  | 128   | 1103,5  |
| 8  | 26/09/97 | 2,96         | 2,67 | 0,29 | 2,38 | 126   | 4,84         | 2,86 | 1,98 | 0,88  | 136 | 2,91         | 2,70 | 0,21 | 2,49  | 128   | 1147,3  |
| 9  | 16/10/97 | 3,41         | 3,19 | 0,22 | 2,97 | 126   | 5,42         | 3,06 | 2,36 | 0,70  | 136 | 3,26         | 2,90 | 0,36 | 2,54  | 128   | 1392,9  |
| 10 | 25/10/97 | 3,34         | 3,13 | 0,21 | 2,92 | 126   | 5,48         | 3,10 | 2,38 | 0,72  | 136 | 3,26         | 2,90 | 0,36 | 2,54  | 128   | 1392,9  |
| 11 | 06/11/97 | 3,53         | 3,31 | 0,22 | 3,09 | 126   | 5,73         | 3,22 | 2,51 | 0,71  | 136 | 3,55         | 3,14 | 0,41 | 2,73  | 128   | 1420,2  |
| 12 | 22/11/97 | 3,76         | 3,51 | 0,25 | 3,26 | 126   | 6,09         | 3,71 | 2,38 | 1,33  | 136 | 3,79         | 3,31 | 0,48 | 2,83  | 128   | 1475,9  |
| 13 | 06/12/97 | 3,76         | 3,51 | 0,25 | 3,26 | 126   | 6,09         | 3,71 | 2,38 | 1,33  | 136 | 3,79         | 3,31 | 0,48 | 2,83  | 128   | 1475,9  |
| 14 | 20/12/97 | 3,76         | 3,51 | 0,25 | 3,26 | 126   | 6,09         | 3,71 | 2,38 | 1,33  | 136 | 3,79         | 3,31 | 0,48 | 2,83  | 128   | 1477,0  |

**TABLA N° 2**  
**ALTURAS MEDIAS RELATIVAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PICAZO**

|    | FECHA    | PARCELA N° 1 |       |       |       |       | PARCELA N° 2 |       |       |       |     | PARCELA N° 3 |       |       |       |       | PP (mm) |
|----|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-----|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|
|    |          | SM           | E     | S     | EN    | clavo | SM           | E     | S     | EN    | lav | SM           | E     | S     | EN    | clavo |         |
| 0  | 08/06/97 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 138   | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 140 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 129   | 0,0     |
| 1  | 27/06/97 | 0,79         | 0,72  | 0,07  | 0,65  | 138   | 2,42         | 1,51  | 0,91  | 0,60  | 140 | 1,56         | 1,54  | 0,02  | 1,52  | 129   | 461,9   |
| 2  | 11/07/97 | 0,68         | 0,60  | 0,09  | 0,51  | 131   | 0,70         | -0,27 | 0,43  | -0,70 | 140 | 0,67         | -0,28 | 0,39  | -0,67 | 129   | 48,6    |
| 3  | 25/07/97 | 0,65         | 0,48  | 0,17  | 0,31  | 131   | 0,43         | 0,37  | -0,06 | 0,43  | 140 | 0,76         | 0,28  | 0,48  | -0,20 | 129   | 12,8    |
| 4  | 08/08/97 | 0,43         | 0,32  | 0,11  | 0,21  | 127   | 0,69         | 0,38  | 0,31  | 0,07  | 137 | 1,03         | -0,46 | 0,57  | -1,03 | 128   | 151,7   |
| 5  | 22/08/97 | 0,37         | -0,22 | 0,15  | -0,37 | 126   | 0,48         | -0,09 | -0,39 | 0,30  | 137 | 1,52         | 0,54  | -0,98 | 1,52  | 128   | 166,3   |
| 6  | 31/08/97 | 0,18         | 0,14  | -0,04 | 0,18  | 126   | 0,09         | 0,00  | 0,09  | -0,09 | 137 | 0,04         | 0,02  | -0,02 | 0,04  | 128   | 25,5    |
| 7  | 13/09/97 | 0,78         | 0,55  | -0,23 | 0,78  | 126   | 1,67         | 0,97  | 0,70  | 0,27  | 136 | 1,30         | 1,07  | -0,23 | 1,30  | 128   | 236,7   |
| 8  | 26/09/97 | 0,11         | 0,08  | -0,03 | 0,11  | 126   | 0,02         | -0,01 | -0,01 | 0,00  | 136 | 0,03         | -0,01 | -0,02 | 0,01  | 128   | 43,8    |
| 9  | 16/10/97 | 0,59         | 0,52  | -0,07 | 0,59  | 126   | 0,58         | 0,20  | 0,38  | -0,18 | 136 | 0,35         | 0,20  | 0,15  | 0,05  | 128   | 245,6   |
| 10 | 25/10/97 | 0,07         | -0,06 | -0,01 | -0,05 | 126   | 0,06         | 0,04  | 0,02  | 0,02  | 136 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 128   | 0,0     |
| 11 | 06/11/97 | 0,19         | 0,18  | 0,01  | 0,17  | 126   | 0,25         | 0,12  | 0,13  | -0,01 | 136 | 0,29         | 0,24  | 0,05  | 0,19  | 128   | 27,3    |
| 12 | 22/11/97 | 0,23         | 0,20  | 0,03  | 0,17  | 126   | 0,62         | 0,49  | -0,13 | 0,36  | 136 | 0,24         | 0,17  | 0,07  | 0,10  | 128   | 55,7    |
| 13 | 06/12/97 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 126   | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 136 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 128   | 0,0     |
| 14 | 20/12/97 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 126   | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 136 | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 128   | 1,1     |

SM : Suelo movilizado medio (mm)

EN : Erosión neta media (mm)

E : Erosión media (mm)

S : Sedimentación media (mm)

**TABLA N° 3**  
**ALTURAS MEDIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PICAZO**

| FECHA | PARCELA N° 1 |      |      |      |       | PARCELA N° 2 |      |      |      |       | PARCELA N° 3 |      |      |      |       | PP (mm) |        |
|-------|--------------|------|------|------|-------|--------------|------|------|------|-------|--------------|------|------|------|-------|---------|--------|
|       | SM           | E    | S    | EN   | clavo | SM           | E    | S    | EN   | lav   | SM           | E    | S    | EN   | clavo |         |        |
| 0     | 08/06/97     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 138          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 140          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 129     | 0,0    |
| 1     | 27/06/97     | 0,79 | 0,72 | 0,07 | 0,65  | 138          | 2,42 | 1,51 | 0,91 | 0,60  | 140          | 1,56 | 1,54 | 0,02 | 1,52  | 129     | 461,9  |
| 2     | 11/07/97     | 1,47 | 1,32 | 0,15 | 1,17  | 131          | 3,12 | 1,51 | 1,61 | -0,10 | 140          | 2,23 | 1,54 | 0,69 | 0,85  | 129     | 510,5  |
| 3     | 25/07/97     | 2,12 | 1,80 | 0,32 | 1,48  | 131          | 3,55 | 1,94 | 1,61 | 0,33  | 140          | 2,99 | 1,82 | 1,17 | 0,65  | 129     | 523,3  |
| 4     | 08/08/97     | 2,55 | 2,12 | 0,43 | 1,69  | 127          | 4,24 | 2,32 | 1,92 | 0,40  | 137          | 4,02 | 1,82 | 2,20 | -0,38 | 128     | 675,0  |
| 5     | 22/08/97     | 2,92 | 2,12 | 0,80 | 1,32  | 126          | 4,72 | 2,71 | 2,01 | 0,70  | 137          | 5,54 | 3,34 | 2,20 | 1,14  | 128     | 841,3  |
| 6     | 31/08/97     | 3,10 | 2,30 | 0,80 | 1,50  | 126          | 4,81 | 2,71 | 2,10 | 0,61  | 137          | 5,58 | 3,38 | 2,20 | 1,18  | 128     | 866,8  |
| 7     | 13/09/97     | 3,88 | 3,08 | 0,80 | 2,28  | 126          | 6,48 | 3,68 | 2,80 | 0,88  | 136          | 6,88 | 4,68 | 2,20 | 2,48  | 128     | 1103,5 |
| 8     | 26/09/97     | 3,99 | 3,19 | 0,80 | 2,39  | 126          | 6,50 | 3,69 | 2,81 | 0,88  | 136          | 6,91 | 4,70 | 2,21 | 2,49  | 128     | 1147,3 |
| 9     | 16/10/97     | 4,58 | 3,78 | 0,80 | 2,98  | 126          | 7,08 | 3,89 | 3,19 | 0,70  | 136          | 7,26 | 4,90 | 2,36 | 2,54  | 128     | 1392,9 |
| 10    | 25/10/97     | 4,65 | 3,79 | 0,86 | 2,93  | 126          | 7,14 | 3,93 | 3,21 | 0,72  | 136          | 7,26 | 4,90 | 2,36 | 2,54  | 128     | 1392,9 |
| 11    | 06/11/97     | 4,84 | 3,97 | 0,87 | 3,10  | 126          | 7,39 | 4,05 | 3,34 | 0,71  | 136          | 7,55 | 5,14 | 2,41 | 2,73  | 128     | 1420,2 |
| 12    | 22/11/97     | 5,07 | 4,17 | 0,90 | 3,27  | 126          | 8,01 | 4,67 | 3,34 | 1,33  | 136          | 7,79 | 5,31 | 2,48 | 2,83  | 128     | 1475,9 |
| 13    | 06/12/97     | 5,07 | 4,17 | 0,90 | 3,27  | 126          | 8,01 | 4,67 | 3,34 | 1,33  | 136          | 7,79 | 5,31 | 2,48 | 2,83  | 128     | 1475,9 |
| 14    | 20/12/97     | 5,07 | 4,17 | 0,90 | 3,27  | 126          | 8,01 | 4,67 | 3,34 | 1,33  | 136          | 7,79 | 5,31 | 2,48 | 2,83  | 128     | 1477,0 |

**TABLA N° 4**  
**MEDIAS ABSOLUTAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PICAZO**

| FECHA | PARCELA N° 1 |       |       |      |       | PARCELA N° 2 |       |       |       |       | PARCELA N° 3 |       |       |       |       | PP (mm) |        |
|-------|--------------|-------|-------|------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|
|       | SM           | E     | S     | EN   |       | SM           | E     | S     | EN    |       | SM           | E     | S     | EN    |       |         |        |
| 0     | 08/06/97     | 0,00  | 0,00  | 0,00 | 0,00  |              | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |              | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |         | 0,0    |
| 1     | 27/06/97     | 10,03 | 9,14  | 0,89 | 8,26  |              | 30,73 | 19,18 | 11,56 | 7,62  |              | 19,81 | 19,56 | 0,25  | 19,30 |         | 461,9  |
| 2     | 11/07/97     | 18,81 | 16,77 | 2,04 | 14,73 |              | 32,70 | 15,74 | 16,96 | -1,22 |              | 21,26 | 16,05 | 5,21  | 10,84 |         | 510,5  |
| 3     | 25/07/97     | 27,05 | 22,86 | 4,19 | 18,67 |              | 36,70 | 20,45 | 16,26 | 4,19  |              | 30,86 | 19,56 | 11,30 | 8,26  |         | 523,3  |
| 4     | 08/08/97     | 32,51 | 26,92 | 5,59 | 21,34 |              | 45,47 | 25,27 | 20,19 | 5,08  |              | 32,26 | 13,72 | 18,54 | -4,83 |         | 675,0  |
| 5     | 22/08/97     | 31,62 | 24,13 | 7,49 | 16,64 |              | 39,37 | 24,13 | 15,24 | 8,89  |              | 26,67 | 20,57 | 6,10  | 14,48 |         | 841,3  |
| 6     | 31/08/97     | 32,89 | 25,91 | 6,99 | 18,92 |              | 40,51 | 24,13 | 16,38 | 7,75  |              | 26,67 | 20,83 | 5,84  | 14,99 |         | 866,8  |
| 7     | 13/09/97     | 36,96 | 32,89 | 4,06 | 28,83 |              | 61,72 | 36,45 | 25,27 | 11,18 |              | 37,34 | 34,42 | 2,92  | 31,50 |         | 1103,5 |
| 8     | 26/09/97     | 37,59 | 33,91 | 3,68 | 30,23 |              | 61,47 | 36,32 | 25,15 | 11,18 |              | 36,96 | 34,29 | 2,67  | 31,62 |         | 1147,3 |
| 9     | 16/10/97     | 43,31 | 40,51 | 2,79 | 37,72 |              | 68,83 | 38,86 | 29,97 | 8,89  |              | 41,40 | 36,83 | 4,57  | 32,26 |         | 1392,9 |
| 10    | 25/10/97     | 42,42 | 39,75 | 2,67 | 37,08 |              | 69,60 | 39,37 | 30,23 | 9,14  |              | 41,40 | 36,83 | 4,57  | 32,26 |         | 1392,9 |
| 11    | 06/11/97     | 44,83 | 42,04 | 2,79 | 39,24 |              | 72,77 | 40,89 | 31,88 | 9,02  |              | 45,09 | 39,88 | 5,21  | 34,67 |         | 1420,2 |
| 12    | 22/11/97     | 47,75 | 44,63 | 3,12 | 41,51 |              | 77,32 | 47,11 | 30,21 | 16,90 |              | 48,20 | 42,14 | 6,05  | 36,09 |         | 1475,9 |
| 13    | 06/12/97     | 47,75 | 44,63 | 3,12 | 41,51 |              | 77,32 | 47,11 | 30,21 | 16,90 |              | 48,20 | 42,14 | 6,05  | 36,09 |         | 1475,9 |
| 14    | 20/12/97     | 47,75 | 44,63 | 3,12 | 41,51 |              | 77,32 | 47,11 | 30,21 | 16,90 |              | 48,20 | 42,14 | 6,05  | 36,09 |         | 1477,0 |

SM : Suelo movilizado medio (mm)  
 EN : Erosión neta media (mm)  
 E : Erosión media (mm)  
 S : Sedimentación media (mm)

**TABA Nº 5**  
**MEDIAS RELATIVAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PICAZO**

| FECHA | PARCELA Nº 1 |       |       |       | PARCELA Nº 2 |       |       |       | PARCELA Nº 3 |       |       |        | PP<br>(mm) |       |
|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------|------------|-------|
|       | SM           | E     | S     | EN    | SM           | E     | S     | EN    | SM           | E     | S     | EN     |            |       |
| 0     | 08/06/97     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00       | 0,0   |
| 1     | 27/06/97     | 10,03 | 9,14  | 0,89  | 8,26         | 30,74 | 19,18 | 11,56 | 7,62         | 19,81 | 19,56 | 0,25   | 19,30      | 461,9 |
| 2     | 11/07/97     | 8,78  | 7,63  | 1,15  | 6,48         | 8,84  | -3,44 | 5,40  | -8,84        | 8,47  | -3,51 | 4,96   | -8,47      | 48,6  |
| 3     | 25/07/97     | 8,26  | 6,10  | 2,16  | 3,94         | 5,46  | 4,70  | -0,76 | 5,46         | 9,65  | 3,56  | 6,10   | -2,54      | 12,8  |
| 4     | 08/08/97     | 5,46  | 4,06  | 1,40  | 2,67         | 8,77  | 4,83  | 3,94  | 0,89         | 13,08 | -5,84 | 7,24   | -13,08     | 151,7 |
| 5     | 22/08/97     | 4,70  | -2,79 | 1,91  | -4,70        | 6,09  | -1,14 | -4,95 | 3,81         | 19,30 | 6,86  | -12,45 | 19,30      | 166,3 |
| 6     | 31/08/97     | 2,29  | 1,78  | -0,51 | 2,29         | 1,14  | 0,00  | 1,14  | -1,14        | 0,51  | 0,25  | -0,25  | 36,34      | 25,5  |
| 7     | 13/09/97     | 9,91  | 6,99  | -2,92 | 9,91         | 21,21 | 12,32 | 8,89  | 3,43         | 16,51 | 13,59 | -2,92  | 16,51      | 236,7 |
| 8     | 26/09/97     | 1,40  | 1,02  | -0,38 | 1,40         | 0,25  | -0,13 | -0,13 | 0,00         | 0,38  | -0,13 | -0,25  | 0,12       | 43,8  |
| 9     | 16/10/97     | 7,49  | 6,60  | -0,89 | 7,49         | 7,37  | 2,54  | 4,83  | -2,29        | 4,45  | 2,54  | 1,91   | 0,63       | 245,6 |
| 10    | 25/10/97     | 0,89  | -0,76 | -0,13 | -0,64        | 0,76  | 0,51  | 0,25  | 0,25         | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00       | 0,0   |
| 11    | 06/11/97     | 2,41  | 2,29  | 0,13  | 2,16         | 3,18  | 1,52  | 1,65  | -0,13        | 3,69  | 3,05  | 0,84   | 2,41       | 27,3  |
| 12    | 22/11/97     | 2,92  | 2,59  | 0,33  | 2,26         | 7,89  | 6,22  | -1,67 | 7,89         | 3,10  | 2,26  | 0,84   | 1,42       | 55,7  |
| 13    | 06/12/97     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00       | 0,0   |
| 14    | 20/12/97     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00       | 1,1   |

**TABA Nº 6**  
**MEDIAS RELATIVAS ACUMULADAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PICAZO**

| FECHA | PARCELA Nº 1 |       |       |       | PARCELA Nº 2 |        |       |       | PARCELA Nº 3 |       |       |       | PP<br>(mm) |        |
|-------|--------------|-------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|------------|--------|
|       | SM           | E     | S     | EN    | SM           | E      | S     | EN    | SM           | E     | S     | EN    |            |        |
| 0     | 08/06/97     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00       | 0,0    |
| 1     | 27/06/97     | 10,03 | 9,14  | 0,89  | 8,26         | 30,73  | 19,18 | 11,56 | 7,62         | 19,81 | 19,56 | 0,25  | 19,30      | 461,9  |
| 2     | 11/07/97     | 18,81 | 16,77 | 2,04  | 14,74        | 39,57  | 19,18 | 20,40 | -1,22        | 28,28 | 19,56 | 8,72  | 10,83      | 510,5  |
| 3     | 25/07/97     | 27,07 | 22,87 | 4,20  | 18,67        | 45,04  | 24,64 | 20,40 | 4,24         | 37,93 | 23,11 | 14,82 | 8,29       | 523,3  |
| 4     | 08/08/97     | 32,53 | 26,93 | 5,60  | 21,34        | 53,80  | 29,46 | 24,33 | 5,13         | 51,02 | 23,11 | 27,90 | -4,79      | 675,0  |
| 5     | 22/08/97     | 37,23 | 26,93 | 10,29 | 16,64        | 59,89  | 34,42 | 25,48 | 8,94         | 70,32 | 42,42 | 27,90 | 14,52      | 841,3  |
| 6     | 31/08/97     | 39,51 | 29,22 | 10,29 | 18,93        | 61,04  | 34,42 | 26,62 | 7,80         | 70,83 | 42,93 | 27,90 | 15,03      | 866,8  |
| 7     | 13/09/97     | 49,42 | 39,13 | 10,29 | 28,83        | 82,25  | 46,74 | 35,51 | 11,23        | 87,34 | 59,44 | 27,90 | 31,54      | 1103,5 |
| 8     | 26/09/97     | 50,82 | 40,52 | 10,29 | 30,23        | 82,50  | 46,86 | 35,64 | 11,23        | 87,72 | 59,69 | 28,03 | 31,66      | 1147,3 |
| 9     | 16/10/97     | 58,31 | 48,02 | 10,29 | 37,72        | 89,87  | 49,40 | 40,46 | 8,94         | 92,16 | 62,23 | 29,93 | 32,30      | 1392,9 |
| 10    | 25/10/97     | 59,20 | 48,14 | 11,06 | 37,09        | 90,63  | 49,91 | 40,72 | 9,19         | 92,16 | 62,23 | 29,93 | 32,30      | 1392,9 |
| 11    | 06/11/97     | 61,61 | 50,43 | 11,18 | 39,25        | 93,80  | 51,44 | 42,37 | 9,07         | 95,85 | 65,28 | 30,57 | 34,71      | 1420,2 |
| 12    | 22/11/97     | 64,53 | 53,02 | 11,51 | 41,51        | 101,69 | 59,33 | 42,37 | 16,96        | 98,96 | 67,54 | 31,41 | 36,13      | 1475,9 |
| 13    | 06/12/97     | 64,53 | 53,02 | 11,51 | 41,51        | 101,69 | 59,33 | 42,37 | 16,96        | 98,96 | 67,54 | 31,41 | 36,13      | 1475,9 |
| 14    | 20/12/97     | 64,53 | 53,02 | 11,51 | 41,51        | 101,69 | 59,33 | 42,37 | 16,96        | 98,96 | 67,54 | 31,41 | 36,13      | 1477,0 |

SM : Suelo movilizado medio (mm)  
 EN : Erosión neta media (mm)  
 E : Erosión media (mm)  
 S : Sedimentación media (mm)

## B.- Resultados parcelas predio Panguilemo.

**TABLA N° 7**  
**ALTURAS MEDIAS ABSOLUTAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |      |      |      |      | PARCELA N° 2 |      |      |      |      | PARCELA N° 3 |      |      |      |      | PP (mm) |
|-------------|--------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|---------|
|             | M            | E    | S    | EN   | clav | M            | E    | S    | EN   | clav | M            | E    | S    | EN   | clav |         |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 136  | 0,00    |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 136  | 0,0     |
| 2 02/08/97  | 0,24         | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 140  | 0,19         | 0,19 | 0,00 | 0,19 | 139  | 0,35         | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 136  | 45,8    |
| 3 20/08/97  | 0,99         | 0,63 | 0,36 | 0,27 | 140  | 1,06         | 0,66 | 0,40 | 0,26 | 139  | 1,27         | 0,80 | 0,47 | 0,33 | 136  | 118,9   |
| 4 30/08/97  | 0,99         | 0,63 | 0,36 | 0,27 | 140  | 1,06         | 0,66 | 0,40 | 0,26 | 139  | 1,27         | 0,80 | 0,47 | 0,33 | 136  | 119,1   |
| 5 15/09/97  | 1,59         | 1,08 | 0,51 | 0,57 | 140  | 1,34         | 0,85 | 0,49 | 0,36 | 139  | 1,56         | 1,07 | 0,49 | 0,58 | 136  | 187,6   |
| 6 28/09/97  | 1,63         | 1,18 | 0,45 | 0,73 | 140  | 1,43         | 0,97 | 0,46 | 0,51 | 138  | 1,61         | 1,16 | 0,45 | 0,71 | 136  | 199,9   |
| 7 12/10/97  | 1,79         | 1,40 | 0,39 | 1,01 | 140  | 1,61         | 1,17 | 0,44 | 0,73 | 138  | 1,81         | 1,38 | 0,43 | 0,95 | 136  | 246,2   |
| 8 24/10/97  | 2,17         | 1,81 | 0,36 | 1,45 | 140  | 2,03         | 1,67 | 0,36 | 1,31 | 138  | 2,16         | 1,78 | 0,38 | 1,40 | 136  | 329,9   |
| 9 8/11/97   | 2,24         | 1,91 | 0,33 | 1,58 | 140  | 2,27         | 1,93 | 0,34 | 1,59 | 137  | 2,26         | 1,96 | 0,30 | 1,66 | 135  | 344,3   |
| 10 23/11/97 | 2,33         | 1,96 | 0,37 | 1,59 | 140  | 2,35         | 1,98 | 0,37 | 1,61 | 136  | 2,45         | 2,04 | 0,41 | 1,63 | 135  | 369,3   |
| 11 7/12/97  | 2,33         | 1,96 | 0,37 | 1,59 | 140  | 2,35         | 1,98 | 0,37 | 1,61 | 136  | 2,45         | 2,04 | 0,41 | 1,63 | 135  | 369,3   |
| 12 21/12/97 | 2,33         | 1,96 | 0,37 | 1,59 | 140  | 2,35         | 1,98 | 0,37 | 1,61 | 136  | 2,45         | 2,04 | 0,41 | 1,63 | 135  | 372,2   |

**TABLA N° 8**  
**ALTURAS MEDIAS RELATIVAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |      |       |      |      | PARCELA N° 2 |      |       |      |      | PARCELA N° 3 |      |       |       |      | PP (mm) |
|-------------|--------------|------|-------|------|------|--------------|------|-------|------|------|--------------|------|-------|-------|------|---------|
|             | SM           | E    | S     | EN   | clav | SM           | E    | S     | EN   | clav | SM           | E    | S     | EN    | clav |         |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 136  |         |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 136  | 0,10    |
| 2 02/08/97  | 0,24         | 0,16 | 0,08  | 0,08 | 140  | 0,19         | 0,19 | 0,00  | 0,19 | 139  | 0,35         | 0,35 | 0,00  | 0,35  | 136  | 45,70   |
| 3 20/08/97  | 0,75         | 0,47 | 0,28  | 0,19 | 140  | 0,87         | 0,47 | 0,40  | 0,07 | 139  | 0,92         | 0,45 | 0,47  | -0,02 | 136  | 73,10   |
| 4 30/08/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 136  | 0,20    |
| 5 15/09/97  | 0,60         | 0,45 | 0,15  | 0,30 | 140  | 0,28         | 0,19 | 0,09  | 0,10 | 139  | 0,29         | 0,27 | 0,02  | 0,25  | 136  | 68,50   |
| 6 28/09/97  | 0,16         | 0,10 | -0,06 | 0,16 | 140  | 0,15         | 0,12 | -0,03 | 0,15 | 138  | 0,13         | 0,09 | -0,04 | 0,13  | 136  | 12,30   |
| 7 12/10/97  | 0,28         | 0,22 | -0,06 | 0,28 | 140  | 0,22         | 0,20 | -0,02 | 0,22 | 138  | 0,24         | 0,22 | -0,02 | 0,24  | 136  | 46,30   |
| 8 24/10/97  | 0,44         | 0,41 | -0,03 | 0,44 | 140  | 0,58         | 0,50 | -0,08 | 0,58 | 138  | 0,45         | 0,40 | -0,05 | 0,45  | 136  | 83,70   |
| 9 8/11/97   | 0,13         | 0,10 | -0,03 | 0,13 | 140  | 0,28         | 0,26 | -0,02 | 0,28 | 137  | 0,26         | 0,18 | -0,08 | 0,26  | 135  | 14,40   |
| 10 23/11/97 | 0,09         | 0,05 | 0,04  | 0,01 | 140  | 0,08         | 0,05 | 0,03  | 0,02 | 136  | 0,19         | 0,08 | 0,11  | -0,03 | 135  | 25,00   |
| 11 7/12/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 136  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 135  | 0,00    |
| 12 21/12/97 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 136  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 135  | 2,90    |

SM : Suelo movilizado medio (mm)

EN : Erosión neta media (mm)

E : Erosión media (mm)

S : Sedimentación media (mm)

**TABLA N° 9**  
**ALTURAS MEDIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE CLAVOS DE EROSIÓN**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |      |      |      |      | PARCELA N° 2 |      |      |      |      | PARCELA N° 3 |      |      |      |      | PP<br>(mm) |
|-------------|--------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------------|
|             | SM           | E    | S    | EN   | clav | SM           | E    | S    | EN   | clav | SM           | E    | S    | EN   | clav |            |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 136  | 0,0        |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 140  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 139  | 0,00         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 136  | 0,0        |
| 2 02/08/97  | 0,24         | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 140  | 0,19         | 0,19 | 0,00 | 0,19 | 139  | 0,35         | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 136  | 45,8       |
| 3 20/08/97  | 0,99         | 0,63 | 0,36 | 0,27 | 140  | 1,06         | 0,66 | 0,40 | 0,26 | 139  | 1,27         | 0,80 | 0,47 | 0,33 | 136  | 118,9      |
| 4 30/08/97  | 0,99         | 0,63 | 0,36 | 0,27 | 140  | 1,06         | 0,66 | 0,40 | 0,26 | 139  | 1,27         | 0,80 | 0,47 | 0,33 | 136  | 119,1      |
| 5 15/09/97  | 1,59         | 1,08 | 0,51 | 0,57 | 140  | 1,34         | 0,85 | 0,49 | 0,36 | 139  | 1,56         | 1,07 | 0,49 | 0,58 | 136  | 187,6      |
| 6 28/09/97  | 1,75         | 1,24 | 0,51 | 0,73 | 140  | 1,49         | 1,00 | 0,49 | 0,51 | 138  | 1,69         | 1,20 | 0,49 | 0,71 | 136  | 199,9      |
| 7 12/10/97  | 2,03         | 1,52 | 0,51 | 1,01 | 140  | 1,71         | 1,22 | 0,49 | 0,73 | 138  | 1,93         | 1,44 | 0,49 | 0,95 | 136  | 246,2      |
| 8 24/10/97  | 2,47         | 1,96 | 0,51 | 1,45 | 140  | 2,29         | 1,80 | 0,49 | 1,31 | 138  | 2,38         | 1,89 | 0,49 | 1,40 | 136  | 329,9      |
| 9 8/11/97   | 2,60         | 2,09 | 0,51 | 1,58 | 140  | 2,57         | 2,08 | 0,49 | 1,59 | 137  | 2,64         | 2,15 | 0,49 | 1,66 | 135  | 344,3      |
| 10 23/11/97 | 2,69         | 2,14 | 0,55 | 1,59 | 140  | 2,65         | 2,13 | 0,52 | 1,61 | 136  | 2,83         | 2,23 | 0,60 | 1,63 | 135  | 369,3      |
| 11 7/12/97  | 2,69         | 2,14 | 0,55 | 1,59 | 140  | 2,65         | 2,13 | 0,52 | 1,61 | 136  | 2,83         | 2,23 | 0,60 | 1,63 | 135  | 369,3      |
| 12 21/12/97 | 2,69         | 2,14 | 0,55 | 1,59 | 140  | 2,65         | 2,13 | 0,52 | 1,61 | 136  | 2,83         | 2,23 | 0,60 | 1,63 | 135  | 372,2      |

**TABLA N° 10**  
**MEDIAS ABSOLUTAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |       |      |       | PARCELA N° 2 |       |      |       | PARCELA N° 3 |       |      |       | PP<br>(mm) |      |
|-------------|--------------|-------|------|-------|--------------|-------|------|-------|--------------|-------|------|-------|------------|------|
|             | SM           | E     | S    | EN    | SM           | E     | S    | EN    | SM           | E     | S    | EN    |            |      |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00       | 0,00 |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00       | 0,1  |
| 2 02/08/97  | 3,91         | 2,61  | 1,30 | 1,30  | 3,10         | 3,10  | 0,00 | 3,10  | 5,71         | 5,71  | 0,00 | 5,71  | 45,8       |      |
| 3 20/08/97  | 16,14        | 10,27 | 5,87 | 4,40  | 17,28        | 10,76 | 6,52 | 4,24  | 20,70        | 13,04 | 7,66 | 5,38  | 118,9      |      |
| 4 30/08/97  | 16,14        | 10,27 | 5,87 | 4,40  | 17,28        | 10,76 | 6,52 | 4,24  | 20,70        | 13,04 | 7,66 | 5,38  | 119,1      |      |
| 5 15/09/97  | 25,92        | 17,60 | 8,31 | 9,29  | 21,84        | 13,86 | 7,99 | 5,87  | 25,43        | 17,44 | 7,99 | 9,45  | 187,6      |      |
| 6 28/09/97  | 26,57        | 19,23 | 7,34 | 11,90 | 23,31        | 15,81 | 7,50 | 8,31  | 26,24        | 18,91 | 7,34 | 11,57 | 199,9      |      |
| 7 12/10/97  | 29,18        | 22,82 | 6,36 | 16,46 | 26,24        | 19,07 | 7,17 | 11,90 | 29,50        | 22,49 | 7,01 | 15,49 | 246,2      |      |
| 8 24/10/97  | 35,37        | 29,50 | 5,87 | 23,64 | 33,09        | 27,22 | 5,87 | 21,35 | 35,21        | 29,01 | 6,19 | 22,82 | 329,9      |      |
| 9 8/11/97   | 36,51        | 31,13 | 5,38 | 25,75 | 37,00        | 31,46 | 5,54 | 25,92 | 36,84        | 31,95 | 4,89 | 27,06 | 344,3      |      |
| 10 23/11/97 | 37,96        | 31,96 | 6,00 | 25,96 | 38,35        | 32,36 | 5,99 | 26,37 | 40,05        | 33,29 | 6,76 | 26,53 | 369,3      |      |
| 11 7/12/97  | 37,96        | 31,96 | 6,00 | 25,96 | 38,35        | 32,36 | 5,99 | 26,37 | 40,05        | 33,29 | 6,76 | 26,53 | 369,3      |      |
| 12 21/12/97 | 37,96        | 31,96 | 6,00 | 25,96 | 38,35        | 32,36 | 5,99 | 26,37 | 40,05        | 33,29 | 6,76 | 26,53 | 372,2      |      |

SM : Suelo movilizado medio (mm)  
 EN : Erosión neta media (mm)  
 E : Erosión media (mm)  
 S : Sedimentación media (mm)

**TABLA N° 11**  
**MEDIAS RELATIVAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |      |       |      | PARCELA N° 2 |      |       |      | PARCELA N° 3 |      |       |       | PP<br>(mm) |       |
|-------------|--------------|------|-------|------|--------------|------|-------|------|--------------|------|-------|-------|------------|-------|
|             | SM           | E    | S     | EN   | SM           | E    | S     | EN   | SM           | E    | S     | EN    |            |       |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00       |       |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00       | 0,10  |
| 2 02/08/97  | 3,91         | 2,61 | 1,30  | 1,31 | 3,10         | 3,10 | 0,00  | 3,10 | 5,71         | 5,71 | 0,00  | 5,71  |            | 45,70 |
| 3 20/08/97  | 12,22        | 7,66 | 4,56  | 3,10 | 14,18        | 7,66 | 6,52  | 1,14 | 15,00        | 7,34 | 7,66  | -0,33 |            | 73,10 |
| 4 30/08/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00       | 0,20  |
| 5 15/09/97  | 9,79         | 7,34 | 2,45  | 4,89 | 4,57         | 3,10 | 1,47  | 1,63 | 4,73         | 4,40 | 0,33  | 4,08  |            | 68,50 |
| 6 28/09/97  | 2,61         | 1,63 | -0,98 | 2,61 | 2,45         | 1,96 | -0,49 | 2,45 | 2,12         | 1,47 | -0,65 | 2,12  |            | 12,30 |
| 7 12/10/97  | 4,57         | 3,59 | -0,98 | 4,57 | 3,59         | 3,26 | -0,33 | 3,59 | 3,91         | 3,59 | -0,33 | 3,91  |            | 46,30 |
| 8 24/10/97  | 7,17         | 6,68 | -0,49 | 7,17 | 9,45         | 8,15 | -1,30 | 9,45 | 7,34         | 6,52 | -0,82 | 7,34  |            | 83,70 |
| 9 8/11/97   | 2,12         | 1,63 | -0,49 | 2,12 | 4,57         | 4,24 | -0,33 | 4,57 | 4,24         | 2,93 | -1,30 | 4,24  |            | 14,40 |
| 10 23/11/97 | 1,45         | 0,83 | 0,62  | 0,21 | 1,35         | 0,90 | 0,45  | 0,45 | 3,21         | 1,34 | 1,87  | -0,53 |            | 25,00 |
| 11 7/12/97  | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  |            | 0,00  |
| 12 21/12/97 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00         | 0,00 | 0,00  | 0,00  |            | 2,90  |

**TABLA N° 12**  
**MEDIAS RELATIVAS ACUMULADAS EN TON/HA/PERÍODO**  
**PREDIO PANGUILEMO**

| FECHA       | PARCELA N° 1 |       |      |       | PARCELA N° 2 |       |      |       | PARCELA N° 3 |       |      |       | PP<br>(mm) |       |
|-------------|--------------|-------|------|-------|--------------|-------|------|-------|--------------|-------|------|-------|------------|-------|
|             | SM           | E     | S    | EN    | SM           | E     | S    | EN    | SM           | E     | S    | EN    |            |       |
| 0 15/07/97  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00       | 0,0   |
| 1 26/07/97  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00         | 0,00  | 0,00 | 0,00  | 0,00       | 0,1   |
| 2 02/08/97  | 3,91         | 2,61  | 1,30 | 1,30  | 3,10         | 3,10  | 0,00 | 3,10  | 5,71         | 5,71  | 0,00 | 5,71  |            | 45,8  |
| 3 20/08/97  | 16,13        | 10,27 | 5,87 | 4,41  | 17,28        | 10,76 | 6,52 | 4,24  | 20,70        | 13,05 | 7,66 | 5,38  |            | 118,9 |
| 4 30/08/97  | 16,13        | 10,27 | 5,87 | 4,41  | 17,28        | 10,76 | 6,52 | 4,24  | 20,70        | 13,05 | 7,66 | 5,38  |            | 119,1 |
| 5 15/09/97  | 25,92        | 17,60 | 8,31 | 9,30  | 21,85        | 13,86 | 7,99 | 5,87  | 25,44        | 17,45 | 7,99 | 9,46  |            | 187,6 |
| 6 28/09/97  | 28,53        | 19,23 | 7,34 | 11,91 | 24,30        | 16,31 | 7,99 | 8,32  | 27,56        | 19,57 | 7,99 | 11,58 |            | 199,9 |
| 7 12/10/97  | 33,10        | 22,82 | 6,36 | 16,48 | 27,89        | 19,90 | 7,99 | 11,91 | 31,47        | 23,49 | 7,99 | 15,49 |            | 246,2 |
| 8 24/10/97  | 40,27        | 29,50 | 5,87 | 23,65 | 37,34        | 29,35 | 7,99 | 21,36 | 38,81        | 30,83 | 7,99 | 22,83 |            | 329,9 |
| 9 8/11/97   | 42,39        | 31,13 | 5,38 | 25,77 | 41,91        | 33,92 | 7,99 | 25,93 | 43,05        | 35,06 | 7,99 | 27,07 |            | 344,3 |
| 10 23/11/97 | 43,84        | 31,96 | 6,00 | 25,98 | 43,26        | 34,82 | 8,44 | 26,38 | 46,26        | 36,40 | 9,86 | 26,54 |            | 369,3 |
| 11 7/12/97  | 43,84        | 31,96 | 6,00 | 25,98 | 43,26        | 34,82 | 8,44 | 26,38 | 46,26        | 36,40 | 9,86 | 26,54 |            | 369,3 |
| 12 21/12/97 | 43,84        | 31,96 | 6,00 | 25,98 | 43,26        | 34,82 | 8,44 | 26,38 | 46,26        | 36,40 | 9,86 | 26,54 |            | 372,2 |

SM : Suelo movilizado medio (mm)  
 EN : Erosión neta media (mm)  
 E : Erosión media (mm)  
 S : Sedimentación media (mm)

# ANEXO II

## **PRECIPITACIONES PREDIO PICAZO Y PANGUILEMO**

A.- Precipitaciones predio Picazo.

TABLA N° 1  
PRECIPITACIÓN MES DE MAYO Y JUNIO

| Mes         | Dia   | RANGO HORARIO |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       | PP     | PP      |
|-------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
|             |       | 08-10         | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 | 18-20 | 20-22 | 22-24 | 0-02 | 02-04 | 04-06 | 06-08 | 24 Hrs | Periodo |
| Mayo        | 28-29 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,0   | 2,0   | 2,3  | 0,0   | 0,6   | 0,4   | 6,3    |         |
|             | 29-30 | 0,2           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,2   | 0,0   | 0,0   | 2,3   | 25,5 | 10,5  | 2,0   | 0,0   | 41,7   |         |
|             | 30-31 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
| Junio       | 31-01 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 01-02 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 02-03 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 03-04 | 0,0           | 1,5   | 1,5   | 4,0   | 2,0   | 4,0   | 9,5   | 10,5  | 10,5 | 5,6   | 0,1   | 0,5   | 49,7   |         |
|             | 04-05 | 1,2           | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 4,8   | 4,2  | 0,3   | 0,1   | 0,0   | 10,8   |         |
|             | 05-06 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 06-07 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 07-08 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,5   | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,8    | 461,9   |
| 1er periodo | 08-09 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,5   | 0,3   | 0,0   | 0,0   | *     | *    | *     | *     | *     | 0,8    |         |
|             | 09-10 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 25     |         |
|             | 10-11 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 40,7   |         |
|             | 11-12 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 16     |         |
|             | 12-13 | *             | *     | *     | *     | 3,5   | 0,1   | 0,1   | 1,7   | 0,2  | 0,0   | 0,0   | 0,2   | 5,8    |         |
|             | 13-14 | 0,1           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 1,1  | 0,7   | 1,2   | 0,0   | 3,3    |         |
|             | 14-15 | 0,5           | 1,5   | 1,3   | 0,2   | 2,7   | 3,8   | 1,2   | 3,1   | 0,1  | 0,0   | 0,0   | 2,8   | 17,2   |         |
|             | 15-16 | 10,5          | 11,0  | 16,0  | 14,0  | 9,0   | 5,5   | 3,5   | 1,3   | 0,8  | 0,5   | 1,8   | 0,0   | 73,9   |         |
|             | 16-17 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|             | 17-18 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 7,0   | 7,0    |         |
|             | 18-19 | 7,0           | 4,2   | 0,2   | 1,6   | 0,0   | 0,0   | 1,0   | 0,8   | 0,5  | 0,0   | 0,2   | 1,0   | 16,5   |         |
|             | 19-20 | 9,5           | 7,0   | 5,8   | 10,0  | 10,0  | 10,0  | 16,0  | 18,0  | 16,0 | 11,9  | 5,6   | 12,5  | 132,3  |         |
|             | 20-21 | 0,0           | 0,0   | 2,5   | 2,0   | 3,0   | 0,9   | 0,0   | 7,8   | 13,8 | 9,0   | 7,3   | 0,5   | 48,8   |         |
|             | 21-22 | 1,2           | 5,3   | 0,0   | 0,0   | 1,4   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 2,4   | 10,3   |         |
| 22-23       | 1,8   | 2,8           | 5,4   | 7,0   | 8,0   | 5,5   | 0,5   | 2,0   | 3,8   | 0,0  | 2,2   | 5,4   | 44,4  |        |         |
| 23-24       | 5,0   | 1,1           | 0,0   | 1,0   | 2,0   | 2,5   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 4,5   | 3,0   | 19,1  |        |         |
| 24-25       | 2,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 2,0   |        |         |
| 25-26       | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |
| 26-27       | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |
| 27-28       | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,1   | 0,1   | 48,6   |         |
| 28-29       | 0,2   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,1   | 0,5   |        |         |
| 2do periodo | 29-30 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |
|             | 30-01 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |

**TABLA Nº 2**  
**PRECIPITACIÓN MES DE JULIO**

| Mes     | Dia   | RANGO HORARIO |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       | PP     | PP      |
|---------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
|         |       | 08-10         | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 | 18-20 | 20-22 | 22-24 | 0-02 | 02-04 | 04-06 | 06-08 | 24 Hrs | Periodo |
| Julio   | 01-02 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 1,9   | 8,1   | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 10,0   |         |
|         | 02-03 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 5,3    |         |
|         | 03-04 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 11,4   |         |
|         | 04-05 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 0,0    |         |
|         | 05-06 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 06-07 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 07-08 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 1,5   | 10,5  | 4,8   | 3,2   | 0,8   | 0,0  | 0,4   | 0,0   | 0,0   | 21,2   |         |
|         | 08-09 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 09-10 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1    |         |
|         | 10-11 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 11-12 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,0   | 0,4   | 0,1  | 0,5   | 0,2   | 0,1   | 2,3    | 12,8    |
| 3er     | 12-13 | 0,0           | 0,4   | 2,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 3,0    |         |
| periodo | 13-14 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 14-15 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,9   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,9    |         |
|         | 15-16 | 0,0           | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,1    |         |
|         | 16-17 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,2   | 0,2    |         |
|         | 17-18 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 18-19 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 19-20 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 20-21 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 21-22 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,5   | 2,0   | 0,6   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 4,1    |         |
|         | 22-23 | 0,0           | 0,0   | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,1   | 0,2    |         |
|         | 23-24 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 24-25 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 25-26 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 151,7   |
| 4to     | 26-27 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
| periodo | 27-28 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|         | 28-29 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,7  | 8,3   | *     | *     | 10,0   |         |
|         | 29-30 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 101,1  |         |
|         | 30-31 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 39,3   |         |
|         | 31-01 | *             | *     | *     | 0,5   | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,2  | 0,5   | 0,0   | 0,0   | 1,3    |         |

**TABLA Nº 3  
PRECIPITACIÓN MES DE AGOSTO**

| Mes            | Día   | RANGO HORARIO |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       | PP     | PP      |
|----------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
|                |       | 08-10         | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 | 18-20 | 20-22 | 22-24 | 0-02 | 02-04 | 04-06 | 06-08 | 24 Hrs | Periodo |
| Agos           | 01-02 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 02-03 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 03-04 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 04-05 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 05-06 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 06-07 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 07-08 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 08-09 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 166,3   |
| 5to<br>periodo | 09-10 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 10-11 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 11-12 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 12-13 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 13-14 | 0,9           | 3,0   | 0,5   | 3,0   | 1,1   | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 9,9    |         |
|                | 14-15 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 18,9   |         |
|                | 15-16 | *             | *     | *     | 0,0   | 11,0  | 2,0   | 5,5   | 6,0   | 4,0  | 1,5   | 1,3   | 4,2   | 35,5   |         |
|                | 16-17 | 1,3           | 3,2   | 6,0   | 7,5   | 9,8   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,3  | 0,1   | 2,7   | 1,7   | 32,6   |         |
|                | 17-18 | 1,8           | 1,9   | 7,0   | 2,2   | 0,0   | 5,4   | 6,5   | 7,0   | 1,8  | 1,8   | 5,4   | 1,5   | 42,3   |         |
|                | 18-19 | 1,0           | 3,5   | 5,0   | 6,0   | 6,0   | 5,5   | 0,1   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 27,1   |         |
|                | 19-20 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
| 20-21          | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |
| 21-22          | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |        |         |
| 22-23          | 0,0   | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 25,5   |         |
| 6to<br>periodo | 23-24 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 24-25 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 25-26 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 26-27 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 27-28 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 28-29 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |         |
|                | 29-30 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 0,0    |         |
|                | 30-31 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 24,1   |         |
|                | 31-01 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,4   | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,2  | 0,5   | 0,0   | 0,0   | 1,4    |         |

















**TABLA N° 12  
PRECIPITACIÓN MES DE SEPTIEMBRE**

| Mes     | Día   | RANGO HORARIO |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       | 24 Hrs | PP Período |
|---------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|------------|
|         |       | 03-10         | 10-12 | 12-14 | 14-16 | 16-18 | 18-20 | 20-22 | 22-24 | 0-02 | 02-04 | 04-06 | 06-08 |        |            |
| Sept    | 31-01 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,3   | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 0,1  | 0,0   | 0,0   | 0,2   | 0,9    | 88,5       |
|         | 01-02 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 5,1   | 10,0  | 4,0   | 0,0   | 0,0  | 1,6   | 1,2   | 0,3   | 22,7   |            |
| 8to     | 02-03 | 0,2           | 2,6   | 0,1   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,8   | 5,2   | 6,0  | 1,3   | 0,0   | 0,0   | 21,4   |            |
| periodo | 03-04 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 04-05 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 9,4   | 5,2   | 15,2   |            |
|         | 05-06 | 0,3           | 1,5   | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 2,3   | 0,2   | 0,2   | 4,7    |            |
|         | 06-07 | 0,4           | 0,2   | 1,4   | 0,0   | 1,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 3,6    |            |
|         | 07-08 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 08-09 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 09-10 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 10-11 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 11-12 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 12-13 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 13-14 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 14-15 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 15-16 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    | 12,3       |
| 6to     | 16-17 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
| periodo | 17-18 | *             | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *     | *    | *     | *     | *     | 9,4    |            |
|         | 18-19 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 19-20 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 20-21 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 21-22 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 22-23 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 23-24 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 24-25 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
|         | 25-26 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,4   | 1,2  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,6    |            |
|         | 26-27 | 0,0           | 0,0   | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,3    |            |
|         | 27-28 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
| 7mo     | 28-29 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |
| periodo | 29-30 | 0,0           | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0    |            |







## TABLA N° 16

### PLUVIOMETRÍA MENSUAL PREDIO PANGUILEMO.

ESTACIÓN : UNIVERSIDAD DE TALCA-Campus Lircay

LATITUD : 35° 23' 13"

LONGITUD : 71° 38' 40"

ALTURA : 110,5 m.s.n.m.

AÑO : 1997

| DÍAS  | MES |     |     |      |      |       |      |      |      |       |      |     |
|---|-----|-----|-----|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-----|
|   | ENE | FEB | MAR | ABR  | MAY  | JUN   | JUL  | AGO  | SEP  | OCT   | NOV  | DIC |
| 1   | 0,0 | 5,5 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,9  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 2   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,4   | 0,0  | 0,0  | 22,7 | 10,1  | 0,0  | 0,0 |
| 3   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 52,2  | 0,7  | 0,0  | 21,4 | 11,5  | 0,0  | 0,0 |
| 4   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 8,8   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 10,4  | 0,0  | 0,0 |
| 5   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 15,2 | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 6   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 4,7  | 0,0   | 0,1  | 0,0 |
| 7   | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 1,4  | 0,0  | 3,6  | 0,0   | 10,0 | 0,0 |
| 8   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,5  | 0,0 |
| 9   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 2,3   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 10  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 18,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 12,0  | 0,0  | 0,0 |
| 11  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 46,3  | 1,2  | 0,0  | 0,0  | 2,3   | 20,7 | 0,0 |
| 12  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 10,0  | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 4,3  | 3,3 |
| 13  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 2,0   | 0,0  | 2,3  | 0,0  | 23,2  | 0,0  | 0,0 |
| 14  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,3  | 0,0  | 0,0  | 43,1  | 0,0  | 0,0 |
| 15  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 16,0  | 0,0  | 15,6 | 0,0  | 3,1   | 0,0  | 0,0 |
| 16  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 16,9 | 0,0   | 0,0  | 42,0 | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 17  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 3,4  | 3,0   | 0,0  | 10,9 | 0,0  | 12,9  | 0,0  | 0,0 |
| 18  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3  | 0,0  | 3,3   | 0,0  | 2,3  | 9,4  | 1,4   | 0,0  | 0,0 |
| 19  | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0  | 12,0 | 71,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 20  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 4,8  | 27,0  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 21  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9  | 0,0  | 10,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 22  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 24,0 | 0,0  | 20,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,2 |
| 23  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,9 | 0,0  | 35,5  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 24  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,9   | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 25  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 1,6  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 26  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 2,6  | 3,7   | 0,0  | 0,0 |
| 27  | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0  | 0,3  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 28  | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 0,4  | 0,0  | 0,0   | 4,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 29  | 0,0 |     | 0,0 | 0,7  | 32,4 | 0,0   | 39,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 30  | 0,0 |     | 0,0 | 0,7  | 3,5  | 0,0   | 2,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 0,0 |
| 31  | 0,0 |     | 0,0 |      | 0,0  |       | 0,0  | 0,0  |      | 0,0   |      | 0,0 |
| <b>TOTAL</b>                                | 4,1 | 5,5 | 0,2 | 43,9 | 74,6 | 327,7 | 50,0 | 73,3 | 80,8 | 133,7 | 35,6 | 3,5 |
| <b>TOTAL ANUAL PRECIPITACIONES 832,9 mm</b> |     |     |     |      |      |       |      |      |      |       |      |     |

# ANEXO III

## **COMPARACIÓN GRÁFICA Y ESTADÍSTICA DE LAS ALTURAS MEDIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE LOS PROCESOS SM, E, S Y EN, ENTRE LOS PREDIOS PICAZO Y PANGUILEMO**

medias de dos muestras emparejadas. Los resultados del test son realizados con una planilla EXCEL y sus resultados se presentan a continuación.

TABLA N° 1

| <b>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</b>   |                    |                   |
|---|--------------------|-------------------|
| <b>Alturas medias relativas aculadas Suelo Movilizado</b> |                    |                   |
|   | <b>Picazo</b>      | <b>Panguilemo</b> |
| Media   | 2,253846154        | 1,593846154       |
| Varianza  | 1,470908974        | 1,086075641       |
| Observaciones   | 13                 | 13                |
| Coeficiente de correlación de Pearson                     | 0,978713922        |                   |
| Diferencia hipotética de las medias                       | 0                  |                   |
| Grados de libertad  | 12                 |                   |
| Estadístico $T_0$   | <b>8,263253021</b> |                   |
| P(T<=t) una cola  | 1,34749E-06        |                   |
| Valor crítico de t (una cola)                             | 1,782286745        |                   |
| P(T<=t) dos colas   | 2,69498E-06        |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)                            | <b>2,178812792</b> |                   |

TABLA N° 2

| <b>Prueba t para medias de dos muestras emparejadas</b>  |                    |                   |
|--|--------------------|-------------------|
| <b>Alturas medias relativas acumuladas Erosión Media</b> |                    |                   |
|  | <b>Picazo</b>      | <b>Panguilemo</b> |
| Media  | 1,645384615        | 1,206923077       |
| Varianza   | 0,931360256        | 0,715523077       |
| Observaciones  | 13                 | 13                |
| Coeficiente de correlación de Pearson                    | 0,968471491        |                   |
| Diferencia hipotética de las medias                      | 0                  |                   |
| Grados de libertad                                       | 12                 |                   |
| Estadístico $T_0$  | <b>6,168563848</b> |                   |
| P(T<=t) una cola   | 2,40468E-05        |                   |
| Valor crítico de t (una cola)                            | 1,782286745        |                   |
| P(T<=t) dos colas  | 4,80935E-05        |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)                           | <b>2,178812792</b> |                   |

TABLA N° 3

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas  |                    |                   |
|---|--------------------|-------------------|
| Alturas medias relativas acumuladas Sedimentación |                    |                   |
| Media   |                    |                   |
|   | <i>Picazo</i>      | <i>Panguilemo</i> |
| Media   | 0,606923077        | 0,386923077       |
| Varianza  | 0,07020641         | 0,048473077       |
| Observaciones                                     | 13                 | 13                |
| Coeficiente de correlación de Pearson             | 0,877779944        |                   |
| Diferencia hipotética de las medias               | 0                  |                   |
| Grados de libertad                                | 12                 |                   |
| Estadístico $T_0$                                 | <b>6,219351081</b> |                   |
| P(T<=t) una cola                                  | 2,22743E-05        |                   |
| Valor crítico de t (una cola)                     | 1,782286745        |                   |
| P(T<=t) dos colas                                 | 4,45485E-05        |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)                    | <b>2,178812792</b> |                   |

TABLA N° 4

| Prueba t para medias de dos muestras emparejadas |                    |                   |
|--|--------------------|-------------------|
| Alturas medias relativas acumuladas Erosión Neta |                    |                   |
| Media  |                    |                   |
|  | <i>Picazo</i>      | <i>Panguilemo</i> |
| Media  | 1,04               | 0,82              |
| Varianza   | 0,524316667        | 0,441916667       |
| Observaciones                                    | 13                 | 13                |
| Coeficiente de correlación de Pearson            | 0,921007919        |                   |
| Diferencia hipotética de las medias              | 0                  |                   |
| Grados de libertad                               | 12                 |                   |
| Estadístico $T_0$                                | <b>2,812087143</b> |                   |
| P(T<=t) una cola                                 | 0,007844278        |                   |
| Valor crítico de t (una cola)                    | 1,782286745        |                   |
| P(T<=t) dos colas                                | 0,015688555        |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)                   | <b>2,178812792</b> |                   |

Los test señalan que existen diferencias significativas en todos los procesos ya que  $T_0 > t$  (dos colas) en todos los casos, siendo los valores de las curvas de las medias relativas acumuladas del predio Picazo mayores a los valores de las curvas de las medias relativas acumuladas del predio Panguilemo.

# ANEXO IV

## **FORMULARIO DE REGISTROS DE MEDICIONES EN LOS CLAVOS DE EROSIÓN**

Los siguientes gráficos muestran una comparación entre los resultados medios relativos acumulados de los predios Picazo y Panguilemo.

GRÁFICO N° 1

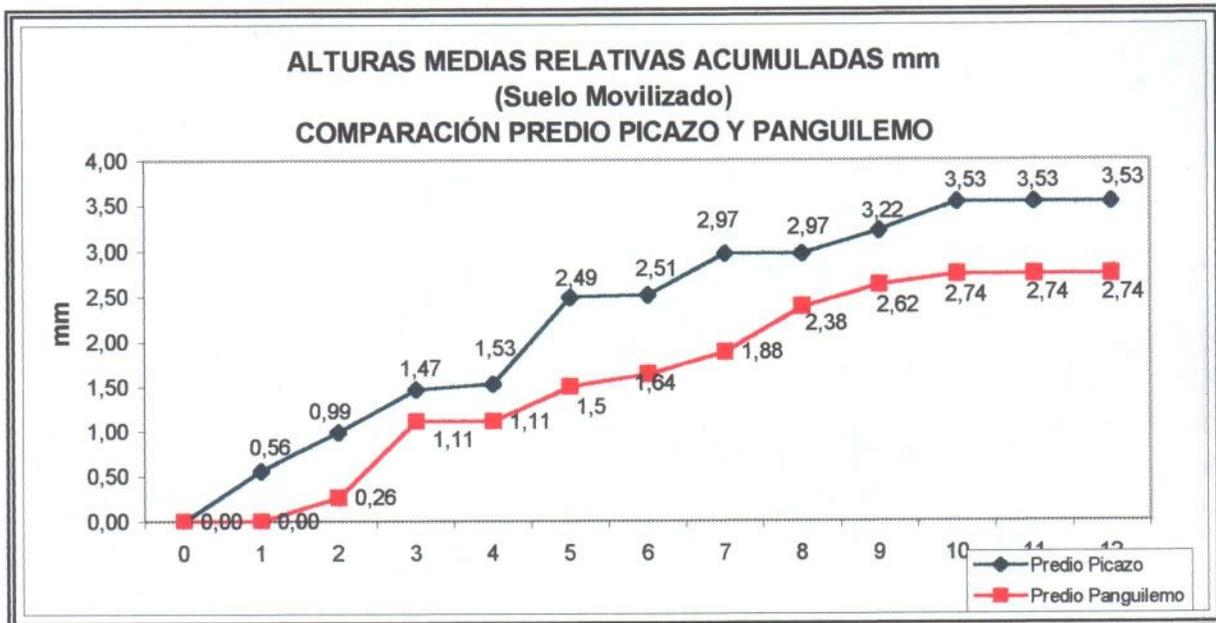


GRÁFICO N° 2

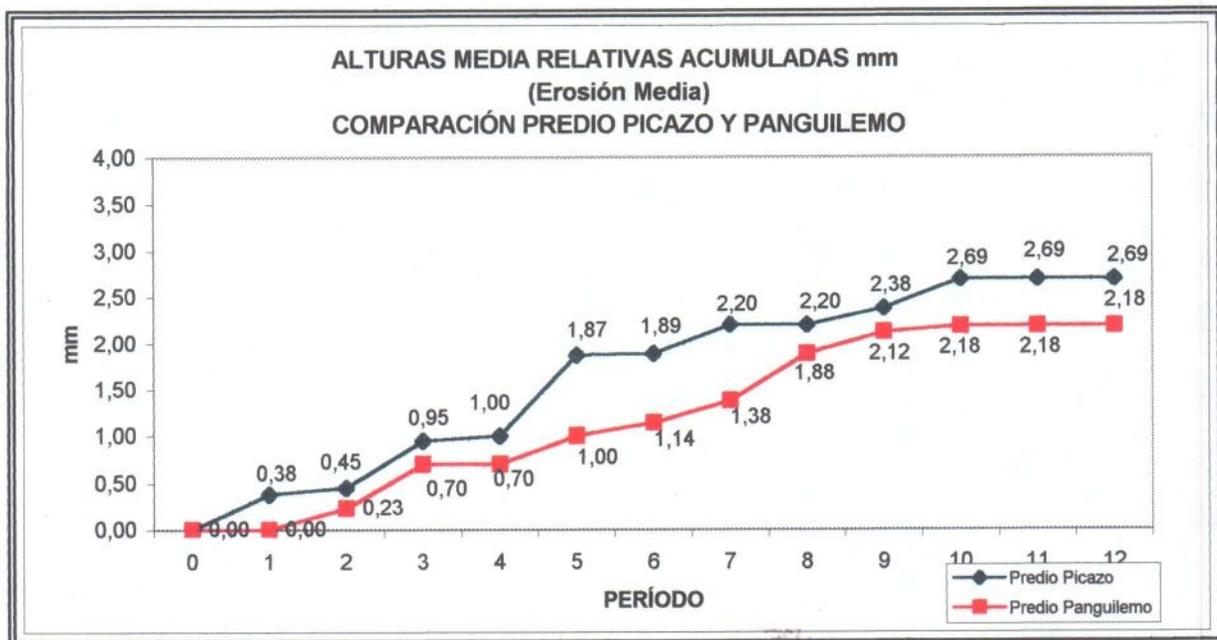


GRÁFICO N° 3

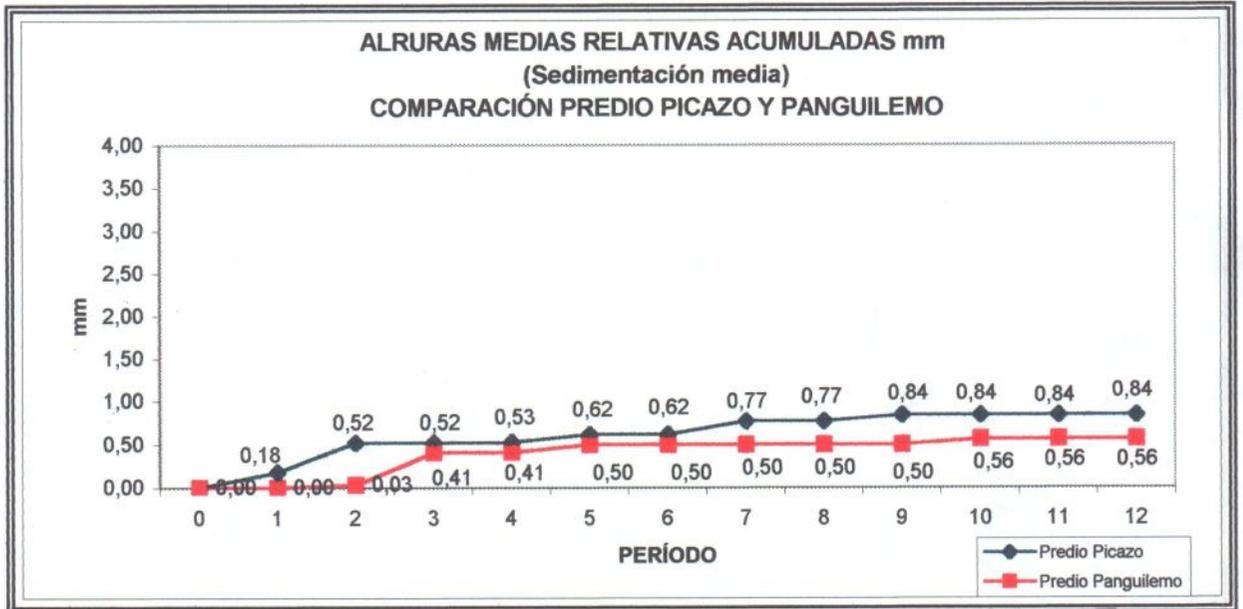
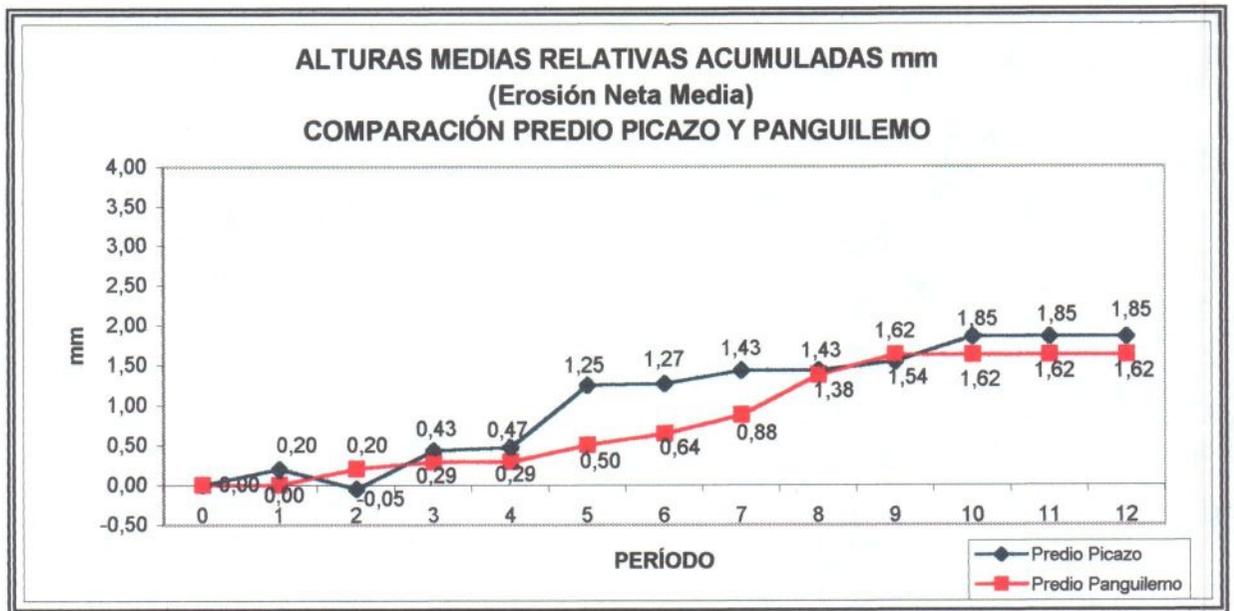


GRÁFICO N° 4



Los gráficos muestran que las curvas de los procesos en el predio Picazo se encuentran por sobre las curvas de los procesos del predio Panguilemo, excepto en algunos períodos en que la erosión neta media fue mayor en el predio Panguilemo. Para determinar si las distancias entre las curvas son estadísticamente significativas se aplica un test para

**MEDICIONES EN CLAVOS DE EROSIÓN (mm)****PREDIO:****FECHA:**

| PARCELA N° 1 |   |   |   |   | PARCELA N° 2 |   |   |   |   | PARCELA N° 3 |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|
| N° CLAVO     | 1 | 2 | 3 | 4 | N° CLAVO     | 1 | 2 | 3 | 4 | N° CLAVO     | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1            |   |   |   |   | 1            |   |   |   |   | 1            |   |   |   |   |
| 2            |   |   |   |   | 2            |   |   |   |   | 2            |   |   |   |   |
| 3            |   |   |   |   | 3            |   |   |   |   | 3            |   |   |   |   |
| 4            |   |   |   |   | 4            |   |   |   |   | 4            |   |   |   |   |
| 5            |   |   |   |   | 5            |   |   |   |   | 5            |   |   |   |   |
| 6            |   |   |   |   | 6            |   |   |   |   | 6            |   |   |   |   |
| 7            |   |   |   |   | 7            |   |   |   |   | 7            |   |   |   |   |
| 8            |   |   |   |   | 8            |   |   |   |   | 8            |   |   |   |   |
| 9            |   |   |   |   | 9            |   |   |   |   | 9            |   |   |   |   |
| 10           |   |   |   |   | 10           |   |   |   |   | 10           |   |   |   |   |
| 11           |   |   |   |   | 11           |   |   |   |   | 11           |   |   |   |   |
| 12           |   |   |   |   | 12           |   |   |   |   | 12           |   |   |   |   |
| 13           |   |   |   |   | 13           |   |   |   |   | 13           |   |   |   |   |
| 14           |   |   |   |   | 14           |   |   |   |   | 14           |   |   |   |   |
| 15           |   |   |   |   | 15           |   |   |   |   | 15           |   |   |   |   |
| 16           |   |   |   |   | 16           |   |   |   |   | 16           |   |   |   |   |
| 17           |   |   |   |   | 17           |   |   |   |   | 17           |   |   |   |   |
| 18           |   |   |   |   | 18           |   |   |   |   | 18           |   |   |   |   |
| 19           |   |   |   |   | 19           |   |   |   |   | 19           |   |   |   |   |
| 20           |   |   |   |   | 20           |   |   |   |   | 20           |   |   |   |   |
| 21           |   |   |   |   | 21           |   |   |   |   | 21           |   |   |   |   |
| 22           |   |   |   |   | 22           |   |   |   |   | 22           |   |   |   |   |
| 23           |   |   |   |   | 23           |   |   |   |   | 23           |   |   |   |   |
| 24           |   |   |   |   | 24           |   |   |   |   | 24           |   |   |   |   |
| 25           |   |   |   |   | 25           |   |   |   |   | 25           |   |   |   |   |
| 26           |   |   |   |   | 26           |   |   |   |   | 26           |   |   |   |   |
| 27           |   |   |   |   | 27           |   |   |   |   | 27           |   |   |   |   |
| 28           |   |   |   |   | 28           |   |   |   |   | 28           |   |   |   |   |
| 29           |   |   |   |   | 29           |   |   |   |   | 29           |   |   |   |   |
| 30           |   |   |   |   | 30           |   |   |   |   | 30           |   |   |   |   |
| 31           |   |   |   |   | 31           |   |   |   |   | 31           |   |   |   |   |
| 32           |   |   |   |   | 32           |   |   |   |   | 32           |   |   |   |   |
| 33           |   |   |   |   | 33           |   |   |   |   | 33           |   |   |   |   |
| 34           |   |   |   |   | 34           |   |   |   |   | 34           |   |   |   |   |
| 35           |   |   |   |   | 35           |   |   |   |   | 35           |   |   |   |   |