

FUNDACION FORESTAL
JUAN MANUEL DURINI



SERIE **NOTAS
TECNICAS
FORESTALES**

*Análisis de la Erosión Hídrica del Suelo
en el Predio La Mayronga*

Luis Mejía Vallejo



FUNDACIÓN FORESTAL JUAN MANUEL DURINI

Manuel Francisco Durini Terán
Presidente

Fernando Montenegro Sánchez
Director Ejecutivo

VOCALES

Diego Ponce Castro

José Pallares Troya

Pablo Larreátegui Nardi

DIRECTORIO

Aglomerados Cotopaxi S.A.

Bosques Tropicales S.A.

Empresa Durini Industria de Madera C.A.

Enchapes Decorativos S.A.

ACOSA

BOTROSA

EDIMCA

ENDESA

DIRECTORES INVITADOS

Federico Arteta Durini

Juan Manuel Durini Pérez

**SERIE: NOTAS TECNICAS FORESTALES
FUNDACIÓN FORESTAL JUAN MANUEL DURINI**

NOTA TECNICA No. 15

Análisis de la Erosión Hídrica del Suelo en el Predio La Mayronga

Documento Resumen

Por

Luis Mejía Vallejo

**Quito - Ecuador
Febrero, 2003**

FUNDACION FORESTAL JUAN MANUEL DURINI

Serie Notas Técnicas Forestales
Fundación Forestal Juan Manuel Durini

Tiraje: 800 ejemplares

Primera edición 2003

Diagramación: V&O Gráficas

Impresión: Imprenta V&O Gráficas

Av. América # 2832 y Acuña

Telefax 568-814

IMPRESO EN Quito - Ecuador

PRINTED IN Quito - Ecuador

AGRADECIMIENTO

ANÁLISIS DE LA EROSION DEL SUELO EN EL MANEJO FORESTAL EN LA MAYRONGA, es otro aporte valioso del trabajo realizado en la experiencia de Manejo Forestal en el predio La Mayronga, en este caso del cientista en suelos y fertilidad, ingeniero Luis Mejía V.

El propósito de esta investigación fue estudiar el efecto en el suelo de una cosecha forestal planificada y realizada en La Mayronga, entre 1993 y 1995, dentro de las actividades del proyecto auspiciado por OIMT PD176/91 Rev. 1(F) "Manejo Forestal Sustentable para la Producción, Conservación, Demostración, Promoción y Difusión en Bosque Húmedo Tropical del Nor-Occidente del Ecuador". El estudio se lo realiza entre septiembre de 1999 y Febrero del 2000, con clara definición metodológica. La obtención de Indicadores de Agresividad Climática y de Factores Acelerantes de la Erosión, tanto los de Origen Físico, tales como el relieve fuerte dominante, la erodabilidad del suelo y la cobertura vegetal, como los Factores de Origen Antrópico, en este caso el madereo con skidders realizado, que contempla ensayos con dos niveles de intensidad de cosecha y dos formas de equipar la operación, se publica en ésta Nota Técnica como resumen de sus resultados, con el apoyo de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales, OIMT.

El trabajo reporta un grupo interesante de datos, como el que el madereo no produce erosión ni compactación significativa cuando se maderea con impacto reducido en relieves con menos del 100% de pendiente; sin embargo hay pérdidas del horizonte superficial

cuando las pendientes son mayores, o cuando el tronco rompe el suelo.

El trabajo compara la situación de los suelos bajo uso forestal productivo con los suelos con bosque protegido y con suelos con pastos reforestados y bajo uso presente ganadero, donde concluye que el uso forestal siempre protege mejor los suelos que en los usos ganaderos comparados, que la pérdida de suelo laminar se observa en lugares por el arrastre de los troncos, y por supuesto en zonas que se ha construido caminos con remoción de capas A, B del suelo. También resulta instructivo que el proceso de secundarización de la vegetación en caminos abandonados es bien agresivo, cuando el área se ha cerrado al tránsito y uso.

Control y conocimiento del predio, planificación del manejo, aprovechamiento con impacto reducido, evaluación y manejo posterior del predio, son factores esenciales para el Manejo Sostenible y la disminución de los impactos provocados durante la utilización del bosque que –a la luz de los resultados encontrados en La Mayronga– prepara al predio para que los procesos naturales de la dinámica sucesional restauren en una gran medida los impactos de la actividad maderera, a los pocos años de ella.

Durante 1999 la Fundación Forestal Juan Manuel Durini, FFJMD, organizó y realizó su primer encuentro formal de divulgación de sus actividades, “Investigación y Experiencia de 20 años de Fundación Forestal Juan Manuel Durini” que se realizó en el Hotel Colón de la ciudad de Quito entre los días 20 al 22 de Septiembre de 1999. Este importante evento de comunicación que contó con una asistencia sobre 200 personas, se le realizó dentro del marco del proyecto “Apoyo del DfID para Mejorar la Capacidad de Investigación Manejo Forestal y Difusión de la Fundación Forestal Juan Manuel Durini” con el auspicio de las empresas ACOSA, BOTROSA, EDIMCA y ENDESA, desde siempre impulsoras de nuestras investigaciones forestales y en general del desarrollo forestal.

Agradecemos a la OIMT y los gobiernos de Japón, Reino Unido y EEUU como países cooperadores de éstos proyectos que tienden resolver problemas para implementar el Desarrollo Forestal Sostenible y el apoyo de la OIMT para difundir y publicar éstas experiencias.

Gracias a todos,

Fernando Montenegro S.
Director Ejecutivo
Fundación Forestal Juan Manuel Durini

Análisis de la erosión hídrica del suelo en el predio La Mayronga

Luis Mejía Vallejo

1. Introducción

Uno de los objetivos de la Fundación Forestal Juan Manuel Durini, es la investigación en silvicultura y la administración de bosques naturales tendiente al aprovechamiento forestal sostenible, considerándose por tanto prioritario, aplicar un manejo técnico a la explotación del bosque que permita alcanzar rendimientos sostenidos del recurso.

Para ello, la Fundación ha planteado una serie de investigaciones tendientes a obtener la información necesaria sobre el medio natural, y una de estas consiste en efectuar un estudio sobre la erosión del suelo en el predio La Mayronga (provincia de Esmeraldas), a fin identificar la acción de este proceso degradativo bajo condiciones de manejo en el bosque húmedo tropical.

El presente documento ofrece los resultados de la investigación basada en los siguientes objetivos.

2. Objetivos del estudio

Evaluar cualitativamente el proceso de erosión en los suelos de la Mayronga, a través de:

- ✦ Analizar la erosión física y química del suelo bajo diversas condiciones de relieve y de cobertura vegetal.
- ✦ Analizar el estado actual de la cobertura vegetal y su relación con la erosión.

3. Metodología de estudio

El estudio se basa en una metodología de **investigación descriptiva**, tendiente a obtener una evaluación de tipo cualitativo a fin de contar con indicadores preliminares de erosión en la Mayronga; por tanto, sus resultados son específicos para el sitio analizado y reflejan tendencias preliminares.

Se parte de un análisis teórico sobre los factores que influyen en la erosión del suelo y estimaciones empíricas de pérdida de suelo en función de las condiciones ambientales presentes; posteriormente y a través de las observaciones directas a nivel de campo y con los datos analíticos de laboratorio, se procede a identificar y describir las diversas formas de erosión en función del grado de pendiente y la cobertura vegetal.

Cinco pasos metodológicos se cubren en el estudio:

- a) **Recopilación, análisis y selección de información secundaria:** generada y publicada por instituciones privadas y publicas, en especial de los trabajos realizados en el área por Consultores de la Fundación Forestal J.M. DURINI.
- b) **Identificación de indicadores de riesgo de erosión en la Mayronga:** a partir de la información secundaria, se obtienen indicadores de riesgo de erosión: la Agresividad climática, como capacidad del clima para erodar el suelo; y la erodabilidad del suelo, como la susceptibilidad natural del suelo a ser erosionado, y que posteriormente permiten estimar la pérdida de suelos en

ton/ha/año, con el método de FAO y la Ecuación Universal de Perdida de Suelo (EUPS de Wischmeier).

- c) **Trabajo de campo:** implica el estudio del estado del suelo en 8 áreas y 32 sitios de muestreo definidos en función de 8 tratamientos de cobertura vegetal y 4 categorías de pendiente; así:

AREA 1 (ATP): Bosque sin disturbar

SITIO A1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO A2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO A3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO A4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 2 (ENS): Bosque aprovechado normal-skidder

SITIO B1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO B2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO B3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO B4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 3 (ENSOA): Bosque aprovechado normal oruga-skidder

SITIO H1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO H2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO H3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO H4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 4 (EISO): Bosque aprovechado intensivo oruga-skidder

SITIO C1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO C2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO C3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO C4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 5 (PR): Pastizal reforestado/1992

SITIO C1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO C2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO C3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO C4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 6 (PA): Pastizal activo/1987

SITIO D1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO D2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO D3: relieve fuerte (pendiente 70%)

SITIO D4: relieve muy fuerte (pendiente 100%)

AREA 7 (CCS): Pista de arrastre (skidder)

SITIO F1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO F2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO F3: relieve fuerte (pendiente 70%)

Por ser camino no se identifica sitios con pendiente de 100%

AREA 8 (CCO): Camino cerrado (oruga)/1994

SITIO E1: relieve suave (pendiente: 20%)

SITIO E2: relieve moderado (pendiente 45%)

SITIO E3: relieve fuerte (pendiente 70%)

Por ser camino no se identifica sitios con pendiente de 100%

Para identificar el estado del suelo se estudiaron 30 calicatas o perfiles de suelos a una profundidad de 1.0 m. En ellas se describieron las características morfológicas del suelo y se tomaron 56 muestras a dos profundidades: 0-30 cm. y 30-50.

d) **Determinaciones de Laboratorio:** se utilizaron dos laboratorios AGROBIOLAB (44 muestras para análisis químicos completos y granulometría); y el LABORATORIO DE SUELOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA DE TUMBACO (12 muestras para determinar retención de humedad).

e) **Análisis y discusión de resultados:** los datos obtenidos a nivel de campo y de laboratorio, son interpretados a través de un proceso comparativo, tomando como suelo testigo el perfil del suelo bajo el “bosque sin disturbar” (ATP).

La evaluación cualitativa de erosión se basa en la obtención de criterios sobre:

✦ **Erosión física:** diferencias morfológicas para establecer la pérdida y arrastre de la capa arable bajo diversos usos y clases de pendiente, reflejadas en la presencia de litter, espesor de horizontes orgánicos y orgánico-minerales, afloramiento de sustrato mineral: horizontes B o C, etc.);

- ✦ Erosión química: que implica la pérdida de nutrientes y acidificación del suelo como consecuencia de los procesos erosivos bajo distintas densidades de cobertura vegetal, reflejadas en diferencias en el contenido de materia orgánica, pH, acidez de cambio (Al+H).
- ✦ Evaluación del estado actual de la cobertura vegetal y su relación con la erosión y pendiente. Los criterios de evaluación se relacionan con la regeneración secundaria, cambios en la vegetación, etc.

4. El área de estudio

La investigación se la efectúa en el predio La Mayronga, ubicada al norte de la región costera, cantón Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas; entre las coordenadas 00°53' N y 79°10' W. Abarca una superficie total de 910.51 ha. repartidas en dos bloques: La Mayronga (624.66 ha.) y Estero hondo (289.85 ha.), separados entre si por una faja de 4 km., y comprende un rango altitudinal de 100 a 180 msnm.

Se caracteriza por un clima cálido húmedo a muy húmedo, con precipitaciones sobre los 2.000mm y temperaturas mayores a 22°C; la evapotranspiración es inferior a la precipitación definiendo excesos de humedad durante la mayor parte del año.

Forma parte de una cuenca sinclinal y su mayor parte esta constituida por relieves colinados sobre sedimentos terciarios (areniscas y arcillas limolitas) con un alto disectamiento, con pendientes dominantes del 12 al 40%.

Su paisaje esta dominando una vegetación arbórea húmeda con pastos artificiales en menor proporción; la vegetación natural es heterogénea muy rica, y sus especies representativas son el sande, virola, cuangare, moral, amarillo, cedrillo, laguno, caimitillo, zapotillo, caucho, pambil, tagua, entre las mas importantes.

Como suelos dominantes se tienen a los DISTROPEPTS (Soil Taxonomy, USDA), caracterizados por concentrar su fertilidad en la capa superficial orgánica (20-30 cm.), con un subsuelo pobre, arcilloso, ácido, deficitario en nutrientes, a veces con presencia de aluminio tóxico. Su alta capacidad de retención de humedad, define riesgos por escurrimiento y movimientos en masa cuando se hallan descubiertos.

5. Resultados

5.1 Análisis teórico sobre los factores de erosión en La Mayronga

A. Los factores generadores de erosión

El principal agente erosivo en la Mayronga se constituye el agua, representada como lluvia precipitada (agresividad climática).

Los indicadores de agresividad climática: INDICE DE AGRESIVIDAD CLIMATICA (Método FAO) y el I/30 (intensidad de lluvia en 30'-Wischmeier-) evidencian su efecto; en el primer caso se obtienen valores moderados (230) y en el segundo caso, un valor de 70 mm. calificado como alto. Estos indicadores reflejan el alto volumen de lluvia anual (2.000 mm.) y una elevada intensidad de la lluvia en un intervalo muy corto de tiempo, respectivamente.

B. Los factores acelerantes de erosión

Como factores que incrementan la acción de la lluvia (agua) en el proceso erosivo, se tienen: (1) de origen físico y (2) de origen antrópico:

Los FACTORES DE ORIGEN FISICO incluyen: i) el relieve fuerte dominante: las áreas mas vulnerables a la erosión se relacionan con las pendientes superiores a 45%. incluso en aquellas

áreas cubiertas con vegetación; ii) la erodabilidad del suelo: en la Mayronga, puede calificarse de baja cuando el suelo se halla con cobertura vegetal densa, pero se vuelve alta, si se produce la desprotección vegetal y aflora el sustrato arcilloso con bajo contenido de materia orgánica y alta capacidad de retención de agua, condiciones que definen una alta susceptibilidad al escurrimiento y arrastre superficial de las partículas sólidas; iii) la cobertura vegetal: del grado de protección que brinde la cobertura vegetal al suelo, dependerá la intensidad de la erosión pluvial. Bajo bosque sin disturbar (ATP), aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) o pastizal reforestado (PR), se presenta una densa vegetación que brinda muy buena protección al suelo; los pastizales (PA), si bien disponen de una densa cobertura, reciben mas directamente el impacto pluvial a lo que se suma el pisoteo directo; los caminos cerrados-oruga (CCO), cuando estuvieron descapotados recibieron una actividad erosiva intensa sobre la huella vehicular.

Como **FACTORES DE ORIGEN ANTROPICO**, se tienen las actividades humanas que inducen y aceleran los fenómenos erosivos; se citan la tala del bosque, el establecimiento de pastizales y el pastoreo directo, la apertura de caminos, y con mayor énfasis cuando se afectan en laderas de fuertes pendientes.

C. Estimaciones cuantitativas de pérdida de suelos en La Mayronga

Mediante dos métodos –FAO y Wischmeier–, se obtienen estimaciones cuantitativas de perdida de suelo en ton/ha/año; estas son:

- (1) **METODO DE FAO**: permite estimaciones a nivel regional, sobre erosión potencial y erosión actual, y cuyos resultados son los siguientes:

Riesgo de erosión o erosión potencial (*):

- ☛ En relieves suaves y regulares (p.25%): 47 ton/ha/año:
RIESGO MODERADO
- ☛ En relieves moderados e irregulares (p.45%): 188 ton/ha/año: RIESGO ALTO
- ☛ En relieves muy fuertes, escarpados y abruptos (p.100%):
258 ton/ha/año:
RIESGO MUY ALTO

(*) Estas cantidades de pérdida de suelo son estimadas para el caso de que las áreas se hallen desprovistas de vegetación.

Erosión actual: que incluye el factor antrópico (uso del suelo):

- ☛ En relieves suaves y regulares (p.25%): ton/ha/año

Bosque sin disturbar: 4.7	NINGUNA O LIGERA
Bosque explotado: 9.4	NINGUNA O LIGERA
Pastizal reforestado: 18.8	MODERADA
Pastizal activo: 28.2	MODERADA
Camino cerrados: 37.6	MODERADA
- ☛ En relieves moderados e irregulares (p.45%): ton/ha/año

Bosque sin disturbar: 18.8	MODERADA
Bosque explotado: 37.6	MODERADA
Pastizal reforestado: 75.2	ALTA
Pastizal activo: 112.8	ALTA

Caminos cerrados: 150.4 ALTA

☛ En relieves muy fuertes, escarpados y abruptos (p.100%):
ton/ha/año

Bosque sin disturbar: 25.8 MODERADA

Bosque explotado: 51.6 ALTA

Pastizal reforestado: 75.2 ALTA

Pastizal activo: 154.8 ALTA

Caminos cerrados: 206.4 MUY ALTA

(2) METODO DE WISCHMEIER (ECUACION UNIVERSAL DE LA PERDIDA DE SUELO): predice la pérdida promedio anual de suelo en ton/ha, procedente de la erosión, de una pendiente en un campo con condiciones específicas de uso de la tierra.

En relieves suaves (p. 25%):

☛ Bosque sin disturbar: 0.0266

☛ Bosque explotado: 0.26

☛ Pastizal reforestado: 0.26

☛ Pastizal activo: 2.66

☛ Caminos cerrados: 26.6

En relieves moderados (p.45%):

☛ Bosque sin disturbar: 0.07315

☛ Bosque explotado: 0.7315

✿ Pastizal reforestado: 0.7315

✿ Pastizal activo: 7.315

✿ Caminos cerrados: 73.15

En relieves muy fuertes (p.100%):

✿ Bosque sin disturbar: 0.266

✿ Bosque explotado: 2.66

✿ Pastizal reforestado: 2.66

✿ Pastizal activo: 26.6 .

✿ Caminos cerrados: 266.0

5.2 Análisis de la erosión en La Mayronga

Comprende la evaluación cualitativa de erosión en base los resultados obtenidos sobre el terreno y los valores en las determinaciones físico-químicas a nivel de laboratorio, y cubre cuatro aspectos:

✿ Análisis sobre las formas de erosión observadas

✿ Análisis sobre la erosión física

✿ Analisis sobre la erosion quimica

✿ Análisis sobre el estado de la vegetación en los sitios de muestreo

A. Análisis de las formas de erosión observadas

De manera general, se identifica una sola forma de erosión que corresponde al **escurrimiento difuso** (erosión hídrica laminar),

el mismo que se presenta cuando la intensidad de la lluvia es mayor a la velocidad de infiltración; la parte de la lluvia que no llega a infiltrarse fluye hacia abajo. De esta manera, el escurrimiento se produce cuando una vez superada la capacidad de absorción del suelo, el agua alcanza un espesor y una velocidad crítica, sobre una vertiente con una determinada pendiente. Sin embargo, el proceso no alcanza niveles significativos, ya que no se observó las raíces de las plantas al descubierto y/o la exposición de capas subyacentes del perfil del suelo como efecto del mismo, que evidenciarían grados severos de la acción erosiva.

Si bien el proceso erosivo actúa en suelos con diferentes coberturas vegetales, se presenta con mayor frecuencia en áreas con pendientes fuertes (45%) en las que ha sido removido el mantillo orgánico (litter) ó en las que ha sido alterada la vegetación natural.

Los resultados específicos a cada tratamiento se esquematizan en el CUADRO 1 y se discuten a continuación:

- ✦ ATP Bosque sin disturbar: el escurrimiento se manifiesta en grado leve, en los relieves moderados, fuertes y muy fuertes, a pesar de la densa cobertura vegetal. El fenómeno es puntual o localizado a sectores en donde el mantillo orgánico (litter) ha sido desplazado por acción de la lluvia y/o la gravedad. En pendientes suaves el fenómeno no es observado.
- ✦ ENS: Bosque aprovechado normal-skidder: al igual que en el caso anterior, a excepción de las pendientes suaves (20%), el fenómeno es identificado sobre el resto de pendientes, destacándose como característica generalizada su carácter leve y localizado a sitios puntuales en donde la falta del mantillo orgánico (litter), permite la acción de arrastre laminar del suelo.

- ✦ ENSOA: Bosque aprovechado normal oruga-skidder: similar comportamiento a ENS. A excepción de las pendientes suaves (20%), el fenómeno es identificado sobre el resto de pendientes, destacándose como característica generalizada su carácter leve y localizado a sitios puntuales en donde la falta del mantillo orgánico (litter), permite la acción de arrastre laminar del suelo.
- ✦ EISO: Bosque aprovechado intensivo oruga-skidder: en pendientes suaves (20%), no se lo identifica. En pendientes moderadas y fuertes el fenómeno se destaca con un carácter leve y localizado a sitios puntuales en donde el desplazamiento del mantillo orgánico (litter), permite la acción de arrastre laminar del suelo.
- ✦ PA: Pastizal reforestado: es imperceptible en los relieves suaves y su mayor severidad se hace presente en los relieves moderados, fuertes y muy fuertes; ello debido, a la menor densidad del mantillo orgánico que se desarrolla bajo este tipo de cobertura.

Teóricamente se esperaba encontrar en este tratamiento rasgos erosivos severos como producto del pisoteo animal anterior (huellas de pie de vaca o surquillos de erosión en gradas); sin embargo, ello no fue observado, lo que podría explicarse a que posiblemente la parcela no fue sobre pastoreada o que la carga animal y frecuencia de pastoreo fueron bastante reducidas.

- ✦ PA: Pastizal activo: los relieves suaves no presentan rasgos de escurrimiento pero si los relieves moderados, fuertes y muy fuertes. En estos últimos casos, las superficies afectadas alcanzan una mayor magnitud que en los casos anteriores, en especial, cuando el pastizal no tiene una densa cobertura sobre el

suelo, y entre las cepas del pastizal se produce un importante arrastre de partículas.

Al igual que en el caso anterior, evidencias erosivas severas por efecto del pisoteo animal (pie de vaca y erosión en gradas en fuertes pendientes), no fueron observadas; sin embargo, las pendientes suaves presentan evidencias de compactación. Esto es indicativo de la baja carga animal que recibe y la baja frecuencia de pastoreo así como del hábito de los animales en pastoreo que en el mayor tiempo se concentran en las partes bajas, y únicamente acceden a las laderas de las colinas cuando no existe disponibilidad suficiente de alimento.

- ✿ CCS: Pista de arrastre-skidder: es imperceptible en los relieves suaves y observable de manera leve y puntual en los sectores en donde el arrastre no ocasiona la remoción del suelo; es decir, cuando el tronco es conducido con la parte terminal sobre el suelo.

- ✿ CCO: Camino cerrado-oruga: se identifica la incidencia generalizada del proceso erosivo sobre la huella del camino; sin embargo, su acción se reduce y se controla cuando existe el desarrollo y acumulación de mantillo orgánico (litter) y una incipiente regeneración de especies de hoja ancha, aspecto que se evidencia en la formación de un delgado horizonte orgánico sobre la arenisca meteorizada.

Teóricamente se esperaba encontrar un escurrimiento concentrado severo (surcos, cárcavas) sobre la huella del camino; sin embargo, parece que el inmediato aporte de hojarasca de la vegetación circundante cuando se deja de operar la vía, origina una capa protectora adecuada contra la acción de lluvia.

B. Análisis de la erosión física

El análisis comparativo entre las características morfológicas del suelo testigo (bosque sin disturbar -ATP-) y los suelos bajo los diversos tratamientos de cobertura vegetal y pendiente, permiten obtener resultados sobre cinco indicadores de erosión física que se esquematizan en los CUADROS 2,3,4 y 5 y se discuten a continuación:

- ✦ Presencia o ausencia de mantillo orgánico (capa de hojarasca o litter): Indicador que corresponde a la capa de material vegetativo muerto (hojas, ramas, raíces) que se acumula sobre la superficie del suelo bajo condiciones de bosque natural. Se la encuentra en diversos estados de descomposición y forma parte del material de reciclamiento orgánico entre el suelo y el árbol.

A excepción del tratamiento de pastizal activo (PA), se lo observa en el resto de tratamientos: ATP, ENS, ENSOA, EISO, PR, CCS, CCO. El aporte de material vegetativo muerto es mayor en el bosque no alterado (ATP), siguiendo en importancia en el bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) y el pastizal reforestado (PR). Incluso, en la pista de arrastre-skidder (CCS) y camino cerrado-oruga (CCO), por hallarse rodeados de vegetación arbórea, el aporte de litter es importante.

- ✦ Presencia o ausencia del horizonte orgánico superficial (A_o): Indicador referido a un delgado horizonte formado por raíces muy finas y finas en las superficies bajo bosque natural. En condiciones inalteradas alcanza un espesor promedio de 2 cm. y constituye una barrera contra el proceso de arrastre hídrico laminar (escurrimiento).

Se lo observa en los tratamientos de cobertura bajo bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) y pista de arrastre-skidder (CCS) –cuando no existe remoción del suelo (arrastre de cola)–. En los tratamientos de pastizal reforestado (PR), pastizal activo (PA) y camino cerrado-oruga (CCO) el horizonte desaparece.

- ✦ Espesor del horizonte orgánico-mineral (A1): Referente al horizonte orgánico-mineral superficial (epipedón) que enmarca la capa fértil del suelo y el sustrato útil para las plantas, ya que en muchos casos, el suelo subsuperficial (horizonte B) presenta restricciones químicas (toxicidad, acidez) que limitan el crecimiento radicular vertical, lo cual se evidencia por el desarrollo horizontal de las raíces arbóreas a través del horizonte A1, en donde las especies vegetales encuentran las condiciones adecuadas para su crecimiento.

En el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) y pastizal activo (PA), se observan los mayores espesores del horizonte, concluyéndose que el suelo no ha sufrido procesos de arrastre superficie. En el pastizal reforestado (PR) y pista de arrastre-skidder (CCS), alcanza menor espesor, lo que indica una reducción del suelo útil debido a los usos realizados.

- ✦ Espesor del horizonte mineral Bs: Constituye el horizonte subsuperficial mineral del suelo generado a partir de la meteorización y alteración del horizonte C (material parental). Cuando no contiene elementos tóxicos, junto con el horizonte A forman el suelo útil para la adecuación de las raíces de las especies vegetales.

En el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO), pastizal reforestado (PR) y pastizal activo (PA), el espesor tiene valores entre 40 y 65 cm., evidenciando

su condición natural. La pista de arrastre-skidder (CCS), presenta un menor espesor que se explicaría por efectos de compactación del suelo, y en el camino cerrado-oruga (CCO) este horizonte fue extraído en su totalidad.

- ✦ **Profundidad del horizonte C:** Constituye la roca madre alterada o capa mineral de la cual va formándose el suelo útil. No tiene las condiciones para el establecimiento vegetal. Su mayor o menor profundidad en relación a la superficie destaca el grado y severidad de la erosión y degradación de un suelo. Cuando aflora a superficie, el suelo se halla completamente degradado, sin ninguna capacidad productiva.

En el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO), pastizal reforestado (PR) y pastizal activo (PA), se lo encuentra a profundidades mayores a 40 cm. indicativos de un suelo en condiciones originales. En la pista de arrastre-skidder (CCS), se halla a menos de 40 cm. debido a la compactación o pérdida de suelo por el arrastre de los troncos. En el camino cerrado-oruga (CCO) aflora a la superficie por la remoción y pérdida total de los horizontes A y B.

C. Análisis de la erosión química

A partir de las diferencias comparativas entre los componentes químicos del suelo testigo (bosque sin disturbar -ATP-) en relación a los suelos bajo los otros tratamientos de cobertura, se definen 3 indicadores que manifiestan la eliminación de partículas inorgánicas a través de la lixiviación y el surgimiento de problemas de los materiales nutritivos (menor contenido de materia orgánica, menor pH, mayor acidez intercambiable), a dos profundidades: 00-30 cm, (muestra superficial), y 30-50 cm. (muestra subsuperficial). Los resultados se registran en los CUADROS 6,7,8 y 9 para el primer caso y CUADROS 10,11,12 y 13, para el segundo caso, y se discuten a continuación:

✦ **Contenido de materia orgánica:** La pérdida de materia orgánica como indicador de erosión química esta relacionada con los Indicadores de erosión física (remoción de horizontes orgánicos Ao, A1); es decir, los tratamientos que no se hallan bajo cobertura boscosa reflejan esta pérdida en los bajos porcentajes de materia orgánica.

A nivel superficial (00-30 cm.) de manera general, el contenido de materia orgánica siempre es alto (4%) cuando se trata de los suelos bajo vegetación boscosa sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO), pastizal reforestado (PR) y pista de arrastre-skidder (CCS); en el pastizal activo (PA), los valores se reducen pero continúan siendo significativos (2-4%). El camino cerrado-oruga (CCO) denota la mayor pérdida orgánica con valores inferiores a 1%, y destaca la eliminación de los horizontes orgánicos y orgánico-minerales y el afloramiento del horizonte mineral C.

A nivel subsuperficial (30-50 cm): el contenido de materia orgánica disminuye a valores bajos (1%) en todos los tratamientos pero siempre manteniéndose un mayor nivel -1 a 2%- en los suelos bajo bosque (ATP, ENS, ENSOA, EISO, PR, CCS). Los bajos registros indican por tanto, que a esa profundidad se tienen muestras de horizontes minerales (Bs o C). Constituyen valores normales para estos suelos.

✦ **pH (acidez):** El pH a las dos profundidades y en los diferentes tratamientos, no destaca procesos de lavado y acidificación en relación al suelo testigo (ATP). Los suelos bajo condiciones inalteradas (bosque sin disturbar -ATP-) presentan un pH ácido que se explica por el mayor contenido de materia orgánica, mientras que en las muestras de suelos alterados los valores de pH van de ácido a ligeramente ácido y prácticamente neutro, valores normales para estos suelos que en pro-

fundidad tienen incidencia del alto contenido de calcio y magnesio debido a la naturaleza marina de la arenisca.

- ✦ **La acidez de cambio (A1 + H):** A nivel superficial (00-30cm.) refleja valores altos cuando se trata del suelo testigo (bosque sin disturbar -ATP-) y esta en relación al contenido de materia orgánica. Ello no se aplica en el caso de los valores altos en profundidad (30-50cm.), que sería indicativo de la presencia de un horizonte mineral subsuperficial (Bs) con características de toxicidad, normal en estos suelos, y por tanto, que no es producto de un proceso de lavado y erosión química.

D. Análisis del estado de la vegetación

Este análisis se basa en los resultados de observación visual y cualitativa sobre el estado actual de la cobertura vegetal en las áreas y sitios de muestreo, aspecto que se registra en el CUADRO 14 y se discute a continuación:

Los tratamientos pastizal activo (PA) y camino cerrado-oruga (CCO), constituyen las parcelas con mayor alteración de la vegetación natural, ya que esta fue eliminada en su totalidad para dar lugar al establecimiento de pastizales y de una vía de acceso; por tanto, presentan un paisaje completamente artificializado sin presencia de vegetación nativa o secundarización de la misma; sin embargo, en el caso de CCO, la clausura como vía de acceso ha permitido que en un periodo de 5 años se presente una regeneración secundaria, aunque muy incipiente, dispersa y baja, que podría calificarse de promisorias, debido al sustrato infértil y compactado que queda luego del uso antrópico.

En el caso del pastizal reforestado (PR), existe una buena regeneración secundaria arbustiva entre las especies arbóreas, y por tanto, una adecuada recuperación del suelo anteriormente sometido a pastoreo, infiriéndose que bajo estas condiciones

puede esperarse en corto a mediano plazo una rehabilitación satisfactoria de las superficies que se destinaron a ganadería.

En el bosque aprovechado (ENSO, ENSOA, EISO), la alteración de la vegetación natural es parcial (tala selectiva), y deja algunos claros en el bosque denso; sin embargo, la secundarización natural es satisfactoria.

En el bosque sin disturbar (ATP), no existe alteración de la vegetación natural, y por ende se mantienen las condiciones de densidad y cobertura originales.

Las observaciones efectuadas por el edáfologo sobre el estado de la vegetación, son relacionadas con los resultados obtenidos por el Grupo de Biología en el estudio "Patrones de la Biodiversidad en la Mayronga", mayo de 1999 (3), del que se extraen la siguientes conclusiones en tres tratamientos: ATP (área totalmente protegida), EISO (extracción intensiva con skidder y oruga, intervenida a 1994); y ENSOA (extracción normal con skidder y oruga ampliada, intervenida en 1995):

"En cuanto al estado de conservación del área y en particular de los tres tratamientos (ATP, EISO, ENSOA), se puede afirmar que las practicas y las acciones de manejo (descanso y desarrollo de regeneración natural) que se realizan en la Mayronga, están posibilitando un proceso sucesional adecuado de los bosques de EISO y ENSOA, y es posible que en un futuro mediano, las poblaciones de animales vuelvan a recuperarse".

"Esta es una es una gran diferencia con lo que generalmente ocurre en otros bosques intervenidos, especialmente aquellos pertenecientes a comunidades indígenas o de campesinos, en donde no se permite un descanso y una recuperación del bosque después de la intervención sino que se continua extrayendo

madera aún de árboles de diámetros menores que son aserrados localmente”.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

✦ *De los factores generadores de erosión*

El principal agente erosivo en la Mayronga es el agua, representada como lluvia precipitada (agresividad climática). Los indicadores INDICE DE AGRESIVIDAD CLIMATICA (Método FAO) y el I/30 (INTENSIDAD DE LLUVIA EN 30'-Wischmeier-) evidencian su potencial: en el primer caso presenta valores moderados (230) y en el segundo caso, un valor de 70 mm. calificado como alto, destacando así el volumen elevado de precipitación (2000 mm) y la alta intensidad de lluvia en intervalos cortos de tiempo.

✦ *De los factores acelerantes de erosión*

Como FACTORES DE ORIGEN FISICO se tienen: i) el relieve fuerte dominante:

Las áreas mas vulnerables están relacionadas con las pendientes dominantes (45%); ii) la erodabilidad del suelo: que se vuelve extrema si se produce la desprotección vegetal y el afloramiento del sustrato arcilloso inestable; y iii) la cobertura vegetal: del grado de protección que brinde la cobertura vegetal al suelo, dependerá la intensidad de la erosión pluvial. Su presencia disminuye la escorrentía y aumenta la infiltración y la evapotranspiración.

Entre los FACTORES DE ORIGEN ANTROPICO o actividades humanas que inducen y aceleran los fenómenos ero-

sivos se tienen: tala del bosque, establecimiento de pastizales y el pastoreo directo, apertura de caminos.

✦ ***De las formas de erosión presentes***

- ✦ El escurrimiento difuso (erosión hídrica laminar) es el proceso erosivo de mayor frecuencia en la zona de estudio, aunque en grado leve. Se presenta cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la velocidad de infiltración, la parte de la lluvia que no llega a infiltrarse fluye hacia abajo. Se lo identifica aun en terrenos de suaves pendientes y con buena cobertura vegetal.
- ✦ En las áreas de bosque, tanto natural, intervenido como recuperado (ATP, ENS, ENSOA, EISO, PR, CCS), el proceso es puntual y localizado en las pendientes (moderadas a muy fuertes) donde se ha desplazado el mantillo orgánico. Es imperceptible en los relieves suaves. En los pastizales son muy evidentes en los sitios de baja densidad de cobertura.

✦ ***De la erosión física***

- ✦ A excepción del tratamiento de pastizal activo (PA), se observa la presencia de mantillo orgánico en el resto de tratamientos: ATP, ENS, ENSOA, EISO, PR, CCS. Su aporte es mayor en el bosque no alterado (ATP), siguiendo en importancia en el bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) y el pastizal reforestado (PR). Incluso, en la pista de arrastre-skidder (CCS) y camino cerrado-oruga (CCO), el aporte de litter esta presente.
- ✦ El horizonte orgánico superficial Ao se lo observa en los tratamientos (ATP, ENS, ENSOA, EISO), exceptuando el pastizal reforestado (PR), pastizal activo (PA) y camino

cerrado-oruga (CCO), en este ultimo desaparece completamente.

- ♣ El horizonte orgánico-mineral A1 tiene el mayor espesor en el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO) y pastizal activo (PA), por tanto el suelo no ha sufrido procesos de arrastre. En el pastizal reforestado (PR) y pista de arrastre-skidder (CCS), su menor espesor indica una reducción debido a los usos aplicados.
- ♣ El mayor espesor del horizonte mineral Bs se halla en el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO), pastizal reforestado (PR) y pastizal activo (PA), indican su condición natural. En la pista de arrastre-skidder (CCS), el menor espesor se explicaría por efectos de compactación. En el camino cerrado-oruga (CCO), este horizonte fue eliminado en su totalidad.
- ♣ En el bosque sin disturbar (ATP), bosque aprovechado (ENS, ENSOA, EISO), pastizal reforestado (PR) y pastizal activo (PA), el horizonte C se halla a mas de 40 cm. indicativo de suelos en condiciones originales. En la pista de arrastre-skidder (CCS), se halla a menos de 40 cm. debido a la compactación o perdida de suelo en el proceso de arrastre de los troncos. En el camino cerrado-oruga (CCO) aflora a la superficie debido a la remoción y perdida total de los horizontes A y B.
- ♣ Los resultados de erosión en el tratamiento bajo pastizal activo (PA), reflejan un menor grado de lo que teóricamente se esperaba, pues no se observan evidencias de erosión en gradas o pie de vaca. Ello se explica por la baja carga animal, baja frecuencia de pastoreo y el hábito de pastoreo de los animales que se concentran mayor tiempo en las partes bajas y planas.

✦ *De la erosión química*

- ✦ En superficie (00-30 cm.), el contenido de materia orgánica siempre es alto (4%) en los suelos bajo vegetación boscosa (ATP, ENS, ENSOA, EISO, PR) y medio a bajo (4-2%3 en los tratamientos de pastizal activo (PA) y camino cerrado-oruga (CCO), respectivamente. A nivel subsuperficial (30-50 cm), los valores de materia orgánica disminuyen en todos los tratamientos a valores bajos (1%) lo que indica la presencia de los horizontes minerales (Bs o C).
- ✦ El pH en las muestras analizadas no destaca procesos de lavado y acidificación en relación al suelo testigo (ATP). El pH presenta valores normales para estos suelos: bajo condiciones inalteradas (bosque sin disturbar: ATP) un pH ácido debido al alto contenido de materia orgánica, y en las muestras de suelos alterados los valores de pH van de ácido a ligeramente ácido y prácticamente neutro.
- ✦ La acidez de cambio (Al+H) en superficie refleja valores altos cuando se trata del suelo testigo (bosque sin disturbar: ATP) y están en relación al elevado contenido de materia orgánica. Ello no se aplica en el caso (le los valores altos de acidez de cambio en profundidad (30-50cm.), indicativo de la presencia del horizonte mineral subsuperficial (Bs) con características de toxicidad, normal en estos suelos.

✦ *Del estado de la vegetación natural*

Se evidencia un satisfactorio proceso de secundarización, aun en las áreas altamente afectadas (camino cerrado-oruga:CCO). Los tratamientos en los cuales se permite la recuperación vegetal, presentan una rápida tendencia a la restauración edáfica y vegetal, debido a las condiciones de alta

humedad y temperatura que caracterizan al ambiente de la Mayronga.

6.2 Discusión final

De los resultados obtenidos en el presente análisis se destaca lo siguiente:

En las áreas de aprovechamiento forestal, sea éste normal-skidder, normal oruga-skidder o intensivo oruga-skidder, no se presentan evidencias de compactación del suelo en ninguno de los tratamientos y las características químicas no evidencian procesos de lavado en el suelo; se presenta la pérdida del horizonte superficial orgánico Ao del suelo ($\pm 5\text{cm}$) en las pendientes que superan el 100%, mientras que un leve escurrimiento laminar es observable en las pendientes moderadas y prácticamente nulo en los relieves suaves.

En las pistas de arrastre (skidder), la pérdida de la capa superior orgánica del suelo y la compactación se producen cuando hay remoción del suelo superficial por el arrastre del fuste del árbol de frente, sin el extremo inicial levantado. En este caso, se pierden el mantillo vegetal y los horizontes Ao, A1 y B ($\pm 40\text{cm}$), material sobre el cual inciden procesos erosivos actuales de manera severa, dificultando la secundarización vegetal natural.

En a zonas de pastos reforestados, el proceso de erosión se intensifica, al compararlo con el testigo intocado, y se tiene la pérdida del horizonte orgánico superior y el mantillo vegetal, cualquiera sea la pendiente. Las evidencias de erosión actual en pendientes suaves son mínimas mientras que en sobre las pendientes moderadas a fuertes, se presentan una erosión de tipo laminar. La compactación en el suelo no es evidente así como los procesos de lavado ya que mantienen valores característicos

originales en el contenido químico a excepción de los niveles de materia orgánica que disminuyen en la parte superior.

En los pastizales activos, se tienen una pérdida total de la capa superficial orgánica (mantillo vegetal y horizonte Ao) e incluso parte del horizonte orgánico mineral A1 que aflora a superficie, especialmente en pendientes moderadas a fuertes que superan el 12%. La compactación del suelo se observa sobre las pendientes moderadas a fuertes. Las condiciones químicas se mantienen similares al testigo e indican que los procesos de lavado aún son incipientes, sin embargo la reducción en los niveles de materia orgánica en la parte superior del suelo disminuyen significativamente.

Sobre el camino cerrado construido con oruga, existe una pérdida del suelo superficial y subsuperficial, que incluye toda la capa arable (horizontes orgánicos y orgánico minerales) ya que se tuvo una remoción de alrededor de 80 – 100 cm para la construcción de la mesa del camino. Se tiene en superficie la capa mineral de la capa C, compactada sobre la que actúan los procesos erosivos actuales de manera severa.

Nota: Estos resultados de tipo cualitativo se basan en una fecha de observación, siendo por tanto importante seguir con monitoreos y mediciones periódicas a fin de ofrecer datos y evaluaciones de tipo cuantitativo con un mayor sustento técnico.

ANEXOS

**CUADRO 1:
FORMAS DE EROSION OBSERVADAS EN LAS AREAS Y SITIOS DE MUESTREO**

TRATAMIENTOS COBERTURA VEGETAL	FORMA DE EROSION OBSERVADA POR CLASE DE PENDIENTE			
	20%	45%	70%	100%
ATP Bosque sin disturbar	Ninguna	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual
ENS Bosque aprovechado normal-skidder	Ninguna	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual
ENSOA Bosque aprovechado normal oruga-skidder	Ninguna	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso leve a moderado puntual
EISO Bosque aprovechado intensivo oruga-skidder	Ninguna	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso leve a moderado, más generalizado
PR Pastizal reforestado	Ninguna	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso muy leve y puntual	Escurrimiento difuso leve y puntual
PA Pastizal activo	Ninguna	Escurrimiento difuso moderado y puntual	Escurrimiento difuso moderado y puntual	Escurrimiento difuso moderado y más generalizado
CCS Pista de arrastre (skidder)	Ninguna	Escurrimiento difuso fuerte y puntual	Escurrimiento difuso leve y puntual	No existe camino sobre esta pendiente
CCO Camino cerrado (oruga)	Escurrimiento difuso moderado y generalizado en la huella	Escurrimiento difuso moderado y generalizado en la huella	Escurrimiento difuso moderado y generalizado en la huella	No existe camino sobre esta pendiente

LABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre /1999 y enero /2000

CUADRO 2:
CASO 1: PENDIENTE SUAVE (20%)

TRAT. COBERTURA	PRESENCIA LITTER	PRESENCIA HORIZ.ORG. A0	ESPESOR HORIZ. A1 (cm)	ESPESOR HORIZ. Bs (cm)	PROFUND HORIZ. C (cm)
ATP	Si	Si	20	40	60
ENS	Si	Si	13	47	60
ENSOA	Si	Si	7	31	40
EISO	Si	Si	8	28	38
PR	Si	No	10	62	72
PA	No	No	20	40	60
CCS	Si	Si	10	10	45
CCO	Si	No	2	0	2

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre /1999 y enero /2000

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR
 ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER
 ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER
 EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER
 PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992
 PA: PASTIZAL ACTIVO /1987
 CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)
 CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

CUADRO 3:
CASO 2: PENDIENTE MODERADA (45%)

TRAT. COBERTURA	PRESENCIA C.LITTER	PRESENCIA HORIZ.ORG A0	ESPESOR HORIZ. A1 (cm)	ESPESOR HORIZ. B (cm)	PROFUND HORIZ. C (cm)
ATP	Si	Si	8	47	55
ENS	Si	Si	8	41	50
ENSOA	Si	Si	13	27	40
EISO	Si	Si	7	37	45
PR	Si	No	8	34	42
PA	No	No	8	57	65
CCS	Si	No	0	0	0
CCO	Si	No	1	0	1

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre /1999 y enero /2000

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR
 ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER
 ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER
 EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER
 PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992
 PA: PASTIZAL ACTIVO /1987
 CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)
 CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

CUADRO 4:
CASO 3: PENDIENTE FUERTE (70%)

TRAT. COBERTURA	PRESENCIA C.LITTER	PRESENCIA HORIZ.ORG. A0	ESPESOR HORIZ. A1 (cm)	ESPESOR HORIZ. Bs (cm)	PROFUND. HORIZ. C (cm)
ATP	Si	Si	8	42	50
ENS	Si	Si	8	27	35
ENSOA	Si	Si	8	27	36
EISO	Si	Si	6	18	25
PR	Si	No	5	25	30
PA	No	No	6	54	70
CCS	Si	No	2	16	18
CCO	Si	No	1	0	1

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre /1999 y enero /2000

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

CUADRO 5:
CASO 4: PENDIENTE MUY FUERTE (100%)

TRAT. COBERTURA	PRESENCIA C.LITTER	PRESENCIA HORIZ.ORG. A0	ESPESOR HORIZ. A1 (cm)	ESPESOR HORIZ. Bs (cm)	PROFUND. HORIZ. C (cm)
ATP	Si	Si	5	43	48
ENS	Si	No	12	38	50
ENSOA	Si	No	2	38	40
EISO	Si	No	5	15	20
PR	Si	No	2	30	32
PA	No	No	10	60	70
CCS*	-	-	-	-	-
CCO*	-	-	-	-	-

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre /1999 y enero /2000

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

(*) En la categoría de pendiente (100%) no es posible implementar caminos de acceso, por tanto, no se registran datos para los tratamientos de caminos cerrados (tractor y skidder).

CUADRO 6:
CASO 1: PENDIENTE SUAVE (20%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (A+H: meq/100g)
ATP	A1+Bs	7.74 A	6.8 Pn	0.18 B
ENS	A1+Bs	7.83 A	6.0 LAc	0.23 M
ENSOA	A1+Bs	4.95 A	6.2 LAc	0.14 B
EISO	A1+Bs	3.88 S	6.0 LAc	0.11 B
PR	A1+Bs	8.22 A	6.8 Pn	0.11 B
PA	Ap	4.03 A	5.8 LAc	0.16 B
CCS	A1+Bs	2.47 M	6.0 LAc	0.14 B
CCO	A1+C	0.87 B	6.1 LAc	0.27 M

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

A: Alto

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 7:
CASO 2: PENDIENTE MODERADA (45%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	A1+B _s	3.97 S	5.8 LAc	0.53 M
ENS	A1+B _s	8.27 A	6.2 LAc	0.15 B
ENSOA	A1+B _s	3.08 S	5.6 LAc	0.18 B
EISO	A1+B _s	4.72 A	5.6 LAc	0.22 M
PR	A1+B _s	3.67 S	5.8 LAc	0.18 B
PA	Ap+B _s	4.55 A	6.1 LAc	0.12 B
CCS	C	0.21 B	5.7 LAc	0.95 A
CCO	C	0.59 B	5.6 LAc	0.52 M

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 8:
CASO 3: PENDIENTE FUERTE (70%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	A1+Bs	3.93 S	5.5 LAc	0.26 M
ENS	A1+Bs	6.68 A	6.3 LAc	0.13 B
ENSOA	A1+Bs	5.02 A	6.2 LAc	0.42 M
EISO	A1+Bs	3.14 S	6.0 LAc	0.15 B
PR	A1+Bs	4.76 A	6.3 LAc	0.35 M
PA	Ap+Bs	4.17 A	6.1 LAc	0.14 B
CCS	A1+Bs	3.99 S	5.8 LAc	0.14 B
CCO	A1+C	2.77 M	6.1 LAc	0.19 B

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 9:
CASO 4: PENDIENTE MUY FUERTE (100%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	A1+B _s	3.06 S	5.6 LAc	0.59 M
ENS	A1+B _s	7.12 A	7.0 Pn	0.12 B
ENSOA	A1+B _s	3.22 S	6.0 LAc	0.17 B
EISO	A1+B _s	3.95 S	5.8 LAc	0.14 B
PR	A1+B _s	3.17 S	6.1 LAc	0.15 B
PA	Ap+B _s	5.29 A	6.5 Pn	0.14 B
CCS	-	-	-	-
CCO	-	-	-	-

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 10:
CASO 1: PENDIENTE SUAVE (20%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	Bs	1.05 B	5.3 Ac	24.0 E
ENS	Bs	1.54 B	6.2 LAc	0.18 B
NSOA	Bs	1.92 B	5.0 Ac	2.27 A
EISO	Bs+C	1.72 B	6.1 LAc	0.15 B
PR	Bs	0.78 B	5.7 LAc	2.56 A
PA	Bs	0.76 B	5.9 LAc	0.25 M
CCS	Bs+C	0.71 B	5.9 LAc	3.86 E
CCO	C	0.20 B	5.8 LAc	1.09 A

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ÁTP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

E: Excesivo

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 11:
CASO 2: PENDIENTE MODERADA (45%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	Bs	1.30 B	5.6 LAc	0.30 M
ENS	Bs	0.98 B	6.4 LAc	0.12 B
ENSOA	Bs	1.36 B	4.4 Ac	19.52 E
EISO	Bs	1.45 B	5.4 Ac	0.24 M
PR	Bs	0.54 B	5.5 Ac	5.98 E
PA	Bs	0.51 B	6.2 LAc	0.13 B
CCS	C	1.13 B	5.8 LAc	0.19 B
CCO	C	0.12 B	6.0 LAc	1.58 A

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR
 ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER
 ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER
 EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER
 PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992
 PA: PASTIZAL ACTIVO /1987
 CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)
 CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

E: Excesivo
 A: Alto
 S: Suficiente
 M: Medio
 B: Bajo
 Pn: Prácticamente neutro
 LAc: Ligeramente ácido
 Ac: ácido

CUADRO 12:
CASO 3: PENDIENTE FUERTE (70%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	Bs	0.73 B	5.3 Ac	28.0 E
ENS	Bs+C	1.48 B	5.9 LAc	0.17 B
ENSOA	Bs+C	2.12 M	5.7 LAc	0.21 M
EISO	Bs+C	1.10 B	5.5 Ac	0.58 M
PR	Bs+C	1.06 B	5.9 LAc	0.44 M
PA	Bs	0.82 B	6.1 LAc	0.28 M
CCS	Bs+C	0.86 B	5.4 Ac	2.16 A
CCO	C	0.10 B	6.3 LAc	0.18 B

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

E: Excesivo

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 13:
CASO 4: PENDIENTE MUY FUERTE (100%)

PARAMETRO/ TRATAMIENTO	HORIZONTE (S)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	ACIDEZ INTERCAMBIABLE (Al+H: meq/100g)
ATP	Bs	1.04 B	5.2 Ac	10.59 E
ENS	Bs	1.18 B	7.2 Pn	0.10 B
ENSOA	Bs	2.28 M	5.6 LAc	0.16 B
EISO	Bs+C	0.97 B	5.3 Ac	1.28 A
PR	Bs+C	1.14 B	6.2 LAc	0.14 B
PA	Bs	0.97 B	6.6 Pn	0.12 B
CCS	-	-	-	-
CCO	-	-	-	-

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: LAB. AGROBIOLAB

TRATAMIENTOS:

ATP: BOSQUE SIN DISTURBAR

ENS: BOSQUE APROVECHADO NORMAL-SKIDDER

ENSOA: BOSQUE APROVECHADO NORMAL ORUGA-SKIDDER

EISO: BOSQUE APROVECHADO INTENSIVO ORUGA-SKIDDER

PR: PASTIZAL REFORESTADO /1992

PA: PASTIZAL ACTIVO /1987

CCS: PISTA DE ARRASTRE (SKIDDER)

CCO: CAMINO CERRADO (ORUGA) /1994

PARAMETROS:

E: Excesivo

A: Alto

S: Suficiente

M: Medio

B: Bajo

Pn: Prácticamente neutro

LAc: Ligeramente ácido

Ac: ácido

CUADRO 14: RESULTADOS DEL ESTADO DE LA VEGETACION EN LAS AREAS Y SITIOS DE MUESTREO									
Tratamiento Parámetro	ATP	ENS	ENSOA	EISO	PR	PA	CCS	CCO	
ESTADO DEL PERFIL DEL SUELO									
Pérdida horizontes orgánico	No	A0 (en pendientes de 100%)	A0 (en pendientes de 100%)	A0 (en pendientes de 100%)	• A0	Litter A0	• A0 • A1 cuando hay remoción de suelo	Litter A0 A1	
Compactac.	No	No	No	No	No	• Ninguna o leve en pendientes suaves. • Presente en pendientes moderadas a fuertes	Si	Si	
Erosión presente	No	• No en pendientes suaves. • Escurrimiento difuso leve en pendientes moderada y fuerte	• No en pendientes suaves. • Escurrimiento difuso moderadas y fuertes	• No en pendientes suaves. • Escurrimiento difuso leve en pendientes moderadas y fuertes	• Ninguna en pendientes suaves. • Escurrimiento difuso en pendientes moderadas a fuertes	• Ninguna en pendientes suaves. • Escurrimiento difuso en pendientes moderadas a fuertes	Escurrimiento difuso leve	Escurrimiento difuso severo	
Afloramiento horizonte B ó C	No	No	No	No	No	No	Aflora el horizonte B y caso de arrastre de frente	Aflora el horizonte C.	

CUADRO 14: RESULTADOS DEL ESTADO DE LA VEGETACION EN LAS AREAS Y SITIOS DE MUESTREO									
Tratamiento Parámetro	ATP	ENS	ENSOA	EISO	PR	PA	CCS	CCO	
ESTADO DE LA VEGETACION									
Alteración vegetación natural	Ninguna	Extracción forestal selectiva normal con skidder	Extracción forestal selectiva normal con skidder y oruga	Extracción forestal selectiva intensiva con skidder y oruga	Total. Tala rasa del bosque original	Total. Tala rasa del bosque original y conversión a pastos	Extracción parcial sobre la huella	Extracción total del bosque natural sobre la huella	
Secundarización natural	Bosque primario	Satisfactoria en los sitios de tala	Satisfactoria en los sitios de tala	Satisfactoria en los sitios de tala	Satisfactoria entre las especies reforestadas. Buena densidad de cobertura	No existe	Satisfactoria sobre la huella del skidder	Incipiente vegetación baja y dispersa en la huella del tractor	
Cambios en vegetación primaria	Ninguna	Parcial	Parcial	Parcial	Total. Con vegetación artificial y regeneración secundaria	Sustitución total del ecosistema natural	Parcial. Hoy se tiene reforestación, y regeneración natural satisfactoria	Eliminación total del bosque por destrucción del suelo en la huella del tractor	

ELABORACION: CONSULTOR

FUENTE: Trabajos de campo, noviembre 1999

Referencia Bibliográfica

1. BURINGI-I. P. 1968 Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions. Wageningen. Netherlands.
2. FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. 2da. Edición. Roma, Italia.
3. GAVILANES, M. 1999. Patrones de Biodiversidad en la Mayronga: Un enclave de bosque húmedo tropical en el noroccidente ecuatoriano. FFJMD. Quito, Ecuador.
4. KIRBY, M.J y MOR(IAN, R.P.C. 1984. ErosLon de Suelos. Editorial Limusa. Mexico. Mexico.
5. MAG-ORSTOM. 1984. Los Principales Procesos Erosivos en Ecuador. Quito, Ecuador.
6. MEJIA, L. 1997. Mapa General de Clasificación por Capacidad-Fertilidad. Suelos del Ecuador. Quito, Ecuador.
7. MEJIA, L. 2000. Análisis de la Erosión Hídrica del Suelo en el Predio La Mayronga. Documento Resumen. Consultoría FFJMD. Quito, Ecuador.
8. MONTENEGRO, F. 1994. Plan de Manejo Predio La Mayronga. FFJMD. Quito, Ecuador.
9. ORGANIZACION INTERNACIONAL Y DE MADERAS TROPICALES (OIMT). 1994. Proyecto PD 176/91 REV. 1 (F). La Mayronga. Fundación Forestal Juan Manuel Durini-ITTO. Quito, Ecuador.
10. ORTIZ SOLORIO, C. 1984. Elementos de Agrometeorología Cuantitativa. Con aplicaciones en la República Mexicana. Dpto. de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

11. RODRIGUEZ, J. 1994. Estudio geomorfológico para el área de la Mayronga. Reporte no publicado. Fundación Forestal J.M. Durini. Quito - Ecuador.
12. SANCHEZ. P.A. 1981. Suelos del Tropico. IICA. San Jose de Costa Rica.
13. TORRES, R.E. 1981. Manual de Conservacion rle Suelos Agricolas. Editorial Diana. Mexico, Mexico.
14. COMUNICACIONES PERSONALES: Ing. Jorge Acosta T.

