

**“Determinación de la Erosión Hídrica Potencial de los Suelos de la Alta Cuenca del Río Bermejo (Salta), implementado en un formato S.I.G.”**

Tesista: Tejerina Díaz Fabián  
Director: Ing. Agr. Ramón Osinaga  
CoDirector: Ing. Virgilio Nuñez  
Asesora: Ing. Cecilia Morales  
Carrera: Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente  
Universidad Nacional de Salta  
Año 2010

Universidad Nacional de Salta  
Facultad de Ciencias Naturales  
Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente

---

---

Tesina de Grado

**“Determinación de la Erosión Hídrica Potencial de los Suelos de la  
Alta Cuenca del Río Bermejo (Salta) Implementado en Formato  
S.I.G.”**

---

---

**Tribunal examinador**

Ing. José Luis Arzeno  
Ing. Liliana Pérez  
Ing. Ana Chávez

**Tesista: Fabián G. Tejerina Díaz**

**Director:** Ing. Ramón Osinaga  
**Co-Director:** Lic. Virgilio Nuñez  
**Asesora:** Ing. Cecilia Morales

**Año 2010**

A Dios por la familia que tengo  
y otras tantas cosas lindas que puso en mi vida.  
A mi Madre "Ramona", mi Padre "Fredy" y Hermanos  
"Marcelo", "Pedro", "Dany" y "Diego". A mi tía "Sonia"  
y primas "Nazarena" y "Marianela" por su  
comprensión y apoyo incondicional.  
A mis amigos y compañeros de la Facultad,  
Por el apoyo y compañía en esta linda etapa de estudiante.

# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al Ing. Ramón Osinaga por su paciencia, predisposición, enseñanza y valores transmitidos.

Al Lic. Virgilio Nuñez e Ing. Cecilia Morales por sus valiosos aportes.

A INTA – Estación Experimental Agraria - Salta por permitirme realizar la tesina en sus instalaciones. A los miembros del Laboratorio de Teledetección Silvana, Hernán, Laura, Yanina, Jesús, y especialmente al Lic. José Volante por la información brindada, por sus críticas y sugerencias y porque de esa forma me mostraron el próximo paso en mi vida como profesional.

A los Ingenieros Cristian Campos y Leo Lizárraga por el apoyo en el manejo de herramientas S.I.G. y aporte de información.

Al tribunal examinador Ingenieros José Luis Arzeno, Liliana Pérez y Ana Chávez.

También quisiera agradecer muy especialmente a Romina, Valeria, Jorge, Malvina, Stella y Marcelo por los tantos buenos y malos momentos compartidos. A Laura, Vanesa y Susana por los momentos compartidos en la elaboración de esta tesina.

A Lorena por su cariño, paciencia y apoyo en esta última etapa de mi carrera.

Por último valla un agradecimiento de corazón a todos mis amigos y compañeros de facultad porque de alguna manera ellos estuvieron en esta linda etapa.

**¡Muchas Gracias!**

# I N D I C E

1. INTRODUCCIÓN:	6
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
3.1. UBICACIÓN	7
3.1.1. Área de Trabajo	9
3.2. CLIMA	9
3.3. HIDROLOGÍA	14
3.4. FISIOGRAFÍA	15
3.5. SUELOS	16
3.6. VEGETACIÓN	18
3.7. FAUNA	21
3.8. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	21
3.8.1. Estructura Económica	27
3.8.1.1. Producto Bruto Geográfico	27
3.8.1.2. Exportaciones	27
3.8.1.3. Producción Minera e Hidrocarburífera	28
3.8.2. Servicios	29
3.8.2.1. Salubridad	29
3.8.3. Infraestructura	29
3.8.3.1. Red vial	29
3.8.3.2. Infraestructura Aérea	29
4. MARCO TEÓRICO	29
4.1. EROSIÓN HÍDRICA	29
4.2. ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE)	31
4.2.1. Factores para el Cálculo de la Erosión Potencial	32
4.2.1.1. Factor R	32
4.2.1.2. Factor K	35
4.2.1.3. Factores L y S	37
4.2.2. Factores para el Cálculo de la Erosión Actual	38
4.2.2.1. Factor C	38
4.2.2.2. Factor P	38
4.3. ECUACIÓN UNIVERSAL REVISADA DE PÉRDIDA DE SUELOS (RUSLE)	38
5. MATERIALES	39
5.1. Mapas Utilizados	39
5.2. Software Utilizado	47
6. METODOLOGÍA	47
6.1. DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO	47
6.1.1. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Potencial	47
6.1.1.1. Factor R	47
6.1.1.2. Factor K	48
6.1.1.3. Factor LS	52
6.1.2. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Actual	52
6.1.2.1. Factor R, K, L y S	53
6.1.2.2. Factor CP	53
6.2. INTEGRACIÓN DE LOS FACTORES OBTENIDOS	55
6.3. SIMULACIÓN PARA ESCENARIOS ALTERNATIVOS DE USOS DE SUELOS Y PRÁCTICAS PARA ÁREAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES SEGÚN REGIÓN AGROECONÓMICA	56
6.3.1. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Actual para escenarios alternativos	56
6.3.1.1. Factor R, K, L y S	56
6.3.1.2. Factor CP	57
6.3.2. Integración de los factores obtenidos	59
6.4. PESO DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA EROSIÓN POTENCIAL	59
6.5. OBSERVACIÓN A CAMPO	59

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	59
7.1. FACTORES DE LA U.S.L.E. ....	59
7.1.1. Factor R.....	59
7.1.2. Factor K.....	60
7.1.3. Factor LS .....	62
7.1.4. Factor CP.....	64
7.2. INTEGRACIÓN DE LOS FACTORES.....	66
7.2.1. Erosión Potencial (EP) y Erosión Actual (EA).....	67
7.3. SIMULACIONES PARA ESCENARIOS ALTERNATIVOS DE USO DE LOS SUELOS Y PRÁCTICAS PARA ÁREAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES SEGÚN REGIÓN AGROECONÓMICA.....	71
7.3.1. Umbral al Chaco y Chaco con riego Producción Intensiva .....	72
7.3.1.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO .....	72
7.3.1.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes.....	73
7.3.1.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes .....	76
7.3.1.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación.....	78
7.3.2. Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia.....	78
7.3.2.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO .....	78
7.3.2.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes.....	79
7.3.2.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes .....	84
7.3.2.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación.....	86
7.3.3. Valles Templados con Cultivos Intensivos .....	86
7.3.3.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO .....	86
7.3.3.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes.....	87
7.3.3.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes .....	91
7.3.3.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación.....	94
7.3.4. Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales .....	94
7.3.4.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO .....	94
7.3.4.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes.....	96
7.3.4.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación.....	101
7.3.5. En General.....	101
7.3.5.1. Superficies de EP por Región Agro-económica según clasificación de FAO .....	101
7.3.5.2. EP por Región Agro-económica y por grado de pendiente .....	102
7.4. PESO DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA EROSIÓN POTENCIAL .....	102
7.5. OBSERVACIÓN A CAMPO .....	105
8. EJEMPLO PRÁCTICO PARA EL USO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS SIMULACIONES .....	109
9. CONCLUSIÓN .....	111
10. RECOMENDACIONES .....	112
11. SOFTWARE .....	114
12. BIBLIOGRAFÍA .....	114
13. A N E X O S .....	117

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación Climática según Thornthwaite. ....	10
Tabla 2. Zonas Climáticas. ....	11
Tabla 3. Características de las Unidades Cartográficas. ....	17
Tabla 4. Superficies de las unidades de vegetación presentes en la ACRB. ....	19
Tabla 5. Característica de la población para cada unidad político administrativa de la provincia de Salta. ....	24
Tabla 6. Cantidad de explotaciones agropecuarias, distribución de la superficie por destino y valor de la producción manufacturera. (Provincia de Salta, unidades político-administrativas). ....	25
Tabla 7. Extracción de madera en rollos y otros productos por zonas forestales. Provincia de Salta, año 2006. ....	26
Tabla 8. Exportaciones Salteñas según grandes rubros. Año 2004. ....	28
Tabla 9. Energía Cinética de la Lluvia, Expresada en Toneladas Métricas por Hectárea, por Centímetro de Lluvia Caída <sup>1</sup> . ....	33
Tabla 10. Ejemplo para el Cálculo de la Energía de la Precipitación. ....	34
Tabla 11. Valores de C de la FAO (1980) Vegetación Natural. ....	38
Tabla 12. Suelos sin análisis de laboratorio. ....	48
Tabla 13. Valores del factor K según Material Original. ....	49
Tabla 14. Valores del factor K para las series de suelos dominante (ACRB - Salta). ....	49
Tabla 15. Valores del Factor CP para áreas agrícolas. ....	54
Tabla 16. Valores del Factor C. ....	58
Tabla 17. Valores del Factor P. ....	58
Tabla 18. Grados de Susceptibilidad a la Erosión según rangos de K y textura. ....	61
Tabla 19. Tolerancias establecidas por FAO-PNUMA-UNESCO. ....	69
Tabla 20. Erosión Potencial y Actual (Mg/ha.año) en diferentes grados pendientes de las subcuencas pertenecientes a la ACRB en la provincia de Salta. ....	69
Tabla 21. Superficies (en ha) por grado de pendientes y por subcuencas. ....	70
Tabla 22. Superficies de EA (según FAO) por subcuencas. ....	71
Tabla 23. Superficies de EP (en ha) por asociaciones de suelo en la Región de Umbral al Chaco. ....	72
Tabla 24. EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo. ....	74
Tabla 25. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes menores a 0,5%, según asociaciones de suelo. ....	74
Tabla 26. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo. ....	75
Tabla 27. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo. ....	75
Tabla 28. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%. ....	77
Tabla 29. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%. ....	77
Tabla 30. EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación. ....	78
Tabla 31. Superficies de EP (en ha) por asociaciones de suelo en la Región de Pedemonte. ....	79
Tabla 32. EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo. ....	81
Tabla 33. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo. ....	82
Tabla 34. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo. ....	82
Tabla 35. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%. ....	84
Tabla 36. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%. ....	85
Tabla 37. EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación. ....	86

Tabla 38. Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Valles Templados. ....	87
Tabla 39. EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo. ....	88
Tabla 40. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo. ....	89
Tabla 41. EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo. ....	89
Tabla 42. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%. ....	92
Tabla 43. EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%. ....	93
Tabla 44. EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación. ....	94
Tabla 45. Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Sierras Subandinas. ....	95
Tabla 46. EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo. ....	97
Tabla 47. EA para Forestación con Eucaliptus al 1° y 8° año de implantación y diferentes prácticas. ..	98
Tabla 48. EP y EA para forestación con Eucaliptus al 1° y 8° año de implantación por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts. ....	100
Tabla 49. EA por grado de pendiente para Forestación con Eucaliptus según año de implantación y prácticas de conservación. ....	101
Tabla 50. Superficies de EP según clasificación de FAO por Región Agro-Económica. ....	102
Tabla 51. EP por Región Agro-Económica. ....	102
Tabla 52. Correlación Lineal (r) os factores según región agroeconómica. ....	103

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de la ACRB. ....	8
Figura 2. Ubicación del Área de Estudio ....	9
Figura 3. Subgrupos presentes en la ACRB. ....	18
Figura 4. Estructura de la economía de la provincia de Salta. Año 2004. ....	27
Figura 5. Procesos de Erosión Hídrica. ....	30
Figura 6. Medición estándar en parcela. ....	35
Figura 7. Permeabilidad ....	36
Figura 8. Nomograma de Wischmeier para determinar el Factor K. ....	36
Figura 9. Mapa de suelos (ACRB - Salta). ....	40
Figura 10. Regiones Agroeconómicas (ACRB - Salta). ....	41
Figura 11. Mapa de subcuencas (ACRB - Salta). ....	42
Figura 12. Mapa de Precipitaciones (ACRB - Salta). ....	43
Figura 13. Modelo Digital de Elevaciones (ACRB - Salta). ....	44
Figura 14. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo en Argentina (ACRB - Salta). ....	45
Figura 15. Imagen MODIS VCF (ACRB - Salta). ....	46
Figura 16. Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor R. ....	47
Figura 17. Diagrama de imágenes generadas para obtener los Factores L y S. ....	52
Figura 18. Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor C para Vegetación Natural. ....	53
Figura 19. Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor C para Áreas Agrícolas y Factor C Final. ....	55
Figura 20. Diagrama de la integración de los factores de las U.S.L.E. para la obtención de la EP y EA. ....	56
Figura 21. Variación del Factor R en relación a las precipitaciones. ....	59
Figura 22. Variación del Factor LS en relación a la Pendiente. ....	63
Figura 23. Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Umbral al Chaco. ....	103
Figura 24. Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Pedemonte. ....	103

Figura 25. Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Valles de Producción Intensiva.....	104
Figura 26. Correlación lineal entre el factor R y Erosión Potencial en la región de Sierras Subandinas. ....	104
Figura 27. Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Puna y Altoandino. ....	105
Figura 28. Recorrido realizado para el chequeo a campo. A_ Recorrido General, B_ Ampliación zona Norte y C_ Ampliación zona Sur.....	106
Figura 29. Ubicación geográfica de Finca "EJEMPLO". ....	110

## Índice de Mapas

Mapa 1. Factor R para la ACRB en la provincia de Salta. ....	60
Mapa 2. Grado de Erodabilidad del Factor K. ....	62
Mapa 3. Factor LS para la ACRB en la provincia de Salta. ....	64
Mapa 4. Factor CP para la ACRB en la provincia de Salta. ....	66
Mapa 5. EP para la ACRB en la provincia de Salta.....	67
Mapa 6. EA para la ACRB en la provincia de Salta. ....	68

## Índice de Anexos

Anexo 1. Ubicación geográfica de la ACRB. ....	118
Anexo 2. Mapa de vegetación Natural en la ACRB. ....	120
Anexo 3. Docentes y unidades educativas por nivel y sector. Provincia de Salta, Unidades político-administrativa. Año 2006. ....	122
Anexo 4. Producto Bruto Geográfico a precios constantes de 1993, por gran división. Provincia de Salta. Años 1993/2004. ....	126
Anexo 5. Regiones Agroeconómicas (ACRB - Salta). ....	130
Anexo 6. Mapa de suelos (ACRB - Salta). ....	132
Anexo 7. Modelo Digital de Elevaciones (ACRB - Salta). ....	134
Anexo 8. Mapa de Precipitaciones (ACRB - Salta). ....	136
Anexo 9. Imagen MODIS VCF (ACRB - Salta). ....	138
Anexo 10. Mapa de subcuencas (ACRB - Salta). ....	140
Anexo 11. Simbología para las distintas asociaciones presentes en el área de estudio. ....	142
Anexo 12. Mapa del Factor K para la ACRB en la provincia de Salta.....	144

# 1. INTRODUCCIÓN:

El suelo es el soporte físico para la vida, sobre el mismo ocurren fenómenos tanto naturales como antrópicos que afectan sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

La capacidad potencial que presenta un suelo para hacer frente a los procesos erosivos de índole hídrica, está determinada por factores predisponentes, los cuales pueden ser analizados y cuantificados por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), que es un modelo matemático de tipo paramétrico que permite estimar cuantitativamente la erosión para determinadas condiciones de precipitaciones, suelo, relieve, cultivo y prácticas de manejos.

Los métodos de evaluación de la erosión hídrica han sido tratados permanentemente. Así en el Taller de Erosión de Suelos en América Latina, realizado en Santiago de Chile en 1992 en el marco del proyecto GCP/RLA/107/JPN, se expresa:

*“...la erosión hídrica está muy difundida...”*

*“La evaluación de la magnitud y severidad de la degradación de tierras tanto real como potencial constituye un punto de partida fundamental para **desarrollar estrategias que controlen y prevengan la degradación de tierras agrícolas**”.*

El Taller incluyó temas de Predicción de la erosión del suelo, degradación de tierras y aplicación de métodos de predicción de erosión.

Entre las conclusiones del Taller se estableció:

*“el conocimiento de los **modelos matemáticos predictivos** constituye la herramienta del presente y del futuro, siendo importante su utilización inmediata, de acuerdo a la información existente en cada país. Las metodologías y modelos seleccionados para predicción de la erosión (ejemplo MUSLE, USLE) brindarán valores “más cualitativos” o “cuantitativos” en función de la información disponible en los distintos países.”*

En el Taller se presentó el trabajo “La Erosión del Suelo en la República Argentina”, la **Provincia de Salta** figura con un 50% o más de su superficie con clases de erosión Alta (121-360 tn/ha/año) y Muy Alta (mayor de 360 tn/ha/año), siendo junto con Misiones las Provincias más afectadas.

En el trabajo “El Deterioro de las Tierras en la Argentina” (Alerta Amarillo, 1995), se expresa:

*“En las **áreas subtropicales del norte del País**, especialmente en los ecosistemas más frágiles, **el desmonte** y posterior incorporación de las tierras a la agricultura sobre bases poco racionales, en pocos años terminó por empobrecer hasta niveles críticos, a suelos que originalmente presentaban un alto nivel de fertilidad”*

En este trabajo, en el caso específico de **Salta** se menciona:

*“... extensos sectores erosionados por el agua en las áreas de secano cultivadas con poroto, soja, maíz...”, “Los procesos erosivos en áreas no cultivadas, como ser en las nacientes de cuencas,... constituyen prioridades de solución de las autoridades provinciales”*

Entre las recomendaciones, se expresa:

*“Diagnóstico físico de la situación de degradación de los suelos de todo el país con la información disponible, indicando su distribución geográfica y una propuesta de jerarquización de la gravedad edáfica...”*

Como se puede inferir de lo anterior, es necesario la evaluación de la susceptibilidad a la erosión hídrica y la erosión actual de los suelos, para lo cual en el caso de la Provincia de Salta se cuenta con la información cartográfica básica y fundamental, que es el estudio de suelos “Los Suelos del NOA – Salta y Jujuy”, realizado a escala 1:500.000 por los Licenciados Armando Nadir y Teodoro Chafatinos (1995).

Como trabajo de Tesina se determinará la Erosión Hídrica Potencial y Actual de la Alta Cuenca del Río Bermejo (ACRB) en territorio salteño. La superficie de estudio es de aproximadamente 16.815 km<sup>2</sup>;

Se la puede dividir en dos regiones:

a) La parte oeste y central que presenta un aprovechamiento forestal importante en la parte coincidente con la Selva Montana, una zona de agricultura intensiva y extensiva en la parte de piedemonte, con cultivos principalmente de citrus, hortalizas, banano bajo riego, soja y maíz a secano, estos últimos van incrementando su área de siembra año a año y finalmente en menor proporción se realiza ganadería extensiva de cría y forestación principalmente con Eucalyptus y algunos lotes de Toona.

b) La parte oeste que comprende los pastizales de altura de la cuenca del Iruya, donde predominan los pequeños productores que realizan agricultura bajo riego y en forma extensiva ganadería principalmente de ganado menor, que debido al sobrepastoreo provocan graves procesos erosivos.

Esta Tesina tiene el propósito de servir de herramienta para el desarrollo de estrategias que hagan sostenibles y sustentables las actividades agropecuarias; ya que a mayor erodabilidad del suelo, las prácticas de manejo deberán ser más conservacionistas, para disminuir al máximo las pérdidas de suelo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

Determinar la Erosión Potencial de los Suelos Dominantes de la Alta Cuenca del Río Bermejo, mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, a fin de contar con una herramienta para el desarrollo sustentable de los mismos.

### 2.2. Objetivos Específicos

✚ Agrupar y delimitar áreas con distintos grados de susceptibilidad a la erosión hídrica potencial para cada Región Agroeconómica de la Cuenca.

✚ Agrupar y delimitar áreas con distinto grado de erosión hídrica actual para los cultivos principales y bajo distintos sistemas de manejo para las Regiones Agroeconómicas de intensa actividad agropecuaria.

✚ Determinar el peso o grado de influencia de cada parámetro de la U.S.L.E. en los valores de erosión a obtener.

## 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 3.1. Ubicación

*“La Alta Cuenca del Río Bermejo se halla situada en el extremo NO de Argentina y extremo SSE de Bolivia. Tiene la forma aproximada de una elipse y el área total es aproximadamente 50.550 km<sup>2</sup>.*

*El Bermejo es un afluente del río Paraguay, el que a su vez desemboca en el río Paraná. Este último fluye hacia el Océano Atlántico a través del Río de la Plata.*

*Se divide en dos subcuencas principales de superficie similar:*

*La subcuenca norte, denominada "Tarija - Bermejo", tiene como colector principal al río Bermejo. Es la parte internacional de la Alta Cuenca y su superficie se extiende en los territorios de Argentina (52%) y de Bolivia (48%).*

*La subcuenca sur, denominada "Grande - San Francisco", es drenada por el río San Francisco y pertenece totalmente a territorio argentino. A pesar de la similitud de sus áreas de drenaje, dichas subcuencas difieren notoriamente en los respectivos aportes de caudal superficial, correspondiendo el mayor a la subcuenca Tarija - Bermejo, con al 71% del total.*

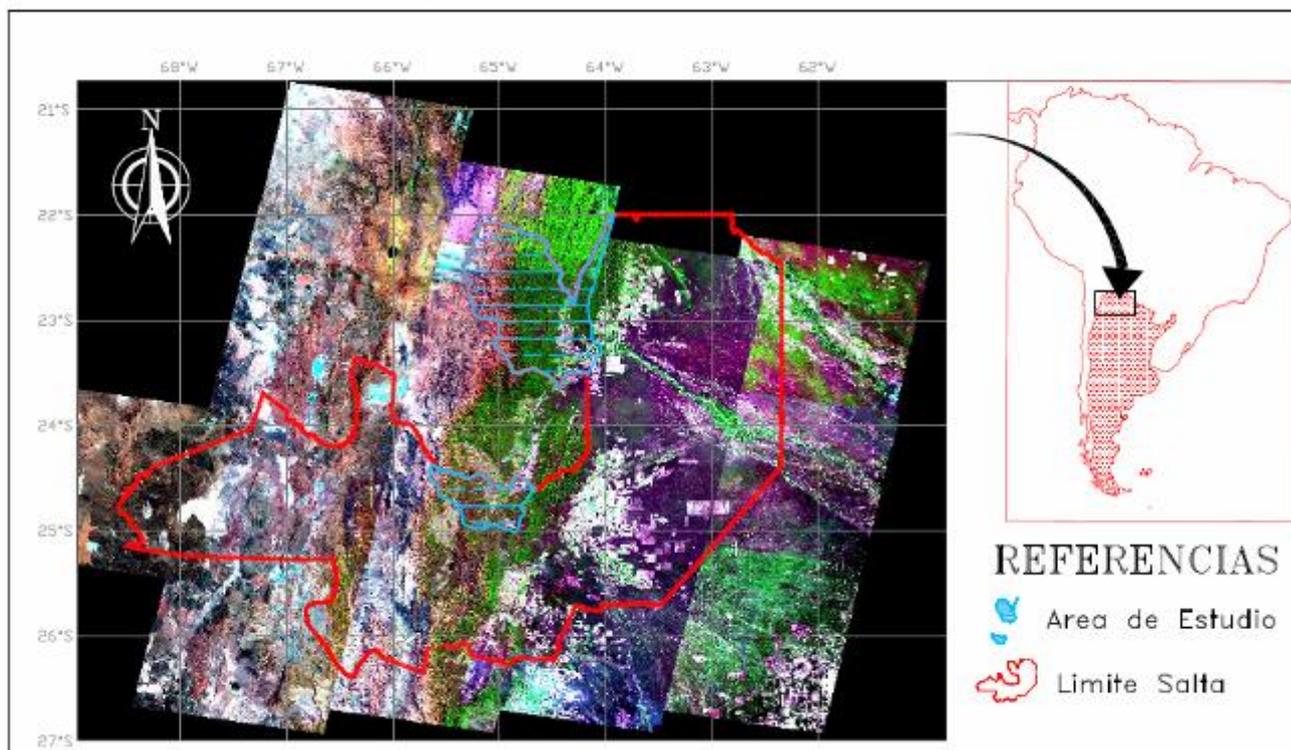
*Los caudales de ambas se reúnen en la Junta de San Francisco, a partir de la cual escurren hasta su desembocadura en el río Paraguay, utilizando como colector común al río Bermejo en sus tramos medio e inferior.*



### 3.1.1. Área de Trabajo

El área de estudio abarca unos 16.815 km<sup>2</sup> y comprende la región central y noroeste de la Provincia de Salta. La región central abarca parte de los departamentos Capital, La Caldera y General Güemes; por su parte, la región noroeste incluye porciones de los departamentos Orán, San Martín, Santa Victoria e Iruya. (Figura 2)

Figura 2. Ubicación del Área de Estudio



### 3.2. Clima

*“La Alta Cuenca del Río Bermejo se encuentra en una zona de falla o rápida transición climática, en la que a corta distancia las características varían considerablemente desde las propias del clima subtropical húmedo a las del desértico, en un ancho de no más de 150 km.*

*La causa de estos grandes contrastes climáticos se atribuye a la topografía muy quebrada de la Cuenca - con diferencias de altura mayores de 5.000 m en una distancia de sólo 70 km -, a la orientación de las sierras y valles respecto de las corrientes predominantes de la atmósfera libre y a la exposición de las faldas respecto del sol. Importantes efectos desde mayor distancia producen el altiplano o puna y sobre todo, la Cordillera de los Andes.*

*En los procesos atmosféricos tales como movimientos frontales, líneas de inestabilidad y precipitaciones, inciden los mecanismos de calentamiento por radiación y la advección de masas de aire. Los centros básicos de acción, que condicionan el desarrollo de los procesos en la Cuenca, son los anticiclones subtropicales semiestacionarios del Atlántico - y en menor medida los del Pacífico - así como un centro de baja presión llamado "baja térmica del noroeste argentino" que se forman al este de los Andes, con una ubicación media sobre las provincias argentinas de La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta y Jujuy y que abarca también el sur de Bolivia.*

*El período **lluvioso** se extiende entre los meses de noviembre a marzo y en él se concentra el 85% del total de la precipitación anual. La precipitación anual media varía desde 200 mm en la parte oeste hasta 1400 mm en el centro de la Cuenca, presentándose los meses de enero y febrero como los más representativos del período. Las **temperaturas medias** en esta época del año oscilan entre 16 y 28°C, con máximas extremas entre 35 y 45°C, según las zonas.*

La estación seca coincide con el período otoñal - invernal, en el que los meses de junio, julio y agosto tienen muy escasa o casi nula precipitación. Las temperaturas medias en este período varían entre 8 y 15°C, con mínimas extremas, según la zona, entre 0 y -13°C.

Los períodos de ocurrencia de **heladas** van desde abril hasta octubre en las zonas más frías, reduciéndose a los meses de julio y agosto en los sectores más cálidos, como por ejemplo en el que circunda a la Junta de San Antonio.

En los meses de junio a octubre se dan las mayores **velocidades de viento**; las direcciones prevalentes están condicionadas por la dirección de los valles en la zona montañosa, mientras que en la parte baja predomina la componente del noreste.

La **heliofanía** efectiva, notablemente influenciada por la nubosidad, está condicionada por la exposición de las laderas y por la altura, que en la ACRB presenta significativas variaciones. En el sector sur de la Cuenca la marcha anual presenta un máximo de 6 a 7 h por días en los meses de julio y agosto y un mínimo de 4 a 5 h por día entre febrero y abril. En los sectores altos aumenta considerablemente la cantidad de horas de heliofanía efectiva, llegando hasta valores de 10 h por día en los meses de mayor insolación” (OEA, 1977).

Para la ACRB se obtuvieron los tipos climáticos, según el método de Thornthwaite, mediante la utilización del programa “GW-BASIC 2.02” (Yáñez C., Fontagnol, D. Y M. E. Brandan). (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación Climática según Thornthwaite.

Clasificación Climática	Localidades	Región Fitogeográfica	Descripción
A B ' 1 r a'	Los Toldos	Selva Montana	Perhúmedo; Mesotermal; Nula o pequeña deficiencia de agua; Concentración estival de eficiencia térmica menor al 48%.
B <sub>1</sub> B ' 4 r a'	Aguas Blancas	Bosque de Transición	Húmedo; Mesotermal; Nula o pequeña deficiencia de agua; Concentración estival de eficiencia térmica menor al 48%.
C <sub>2</sub> B ' 2 r a'	Valle Grande	Selva Montana	Subhúmedo Húmedo; Mesotermal; Nula o pequeña deficiencia de agua; Concentración estival de la eficiencia térmica menor al 48%.
C <sub>2</sub> B ' 2 r a'	Salta	Bosque de Transición	
C <sub>2</sub> B ' 2 r a'	S. S. Jujuy	Bosque de Transición	
C <sub>1</sub> B ' 4 d a'	Orán	Bosque de Transición	Subhúmedo Seco; Mesotermal; Nulo o pequeño exceso de agua; Concentración estival de la eficiencia térmica menor al 48%.
C <sub>1</sub> B ' 2 d a'	Perico	Chaco Serrano	
D B ' 3 d a'	Gral. Güemes	Chaco Serrano	Semiárido; Mesotermal; Nulo o pequeño exceso de agua; Concentración estival de la eficiencia térmica menor al 48%.
E B ' 1 d a'	Tilcara	Puna y Prepuna	Árido; Mesotermal; Nulo o pequeño exceso de agua; Concentración estival de la eficiencia térmica menor al 48%.

“Teniendo en cuenta las características de precipitación, temperatura y heliofanía, así como los aspectos de tipo morfológico de la Cuenca, es posible reconocer en la ACRB 8 **zonas climáticas**. La definición de tales zonas climáticas, dentro del contexto regional, facilita el análisis de las posibilidades agropecuarias de la Cuenca, en particular del riego y de los cultivos agroecológicamente posibles” (OEA, 1977). En la Tabla 2 se presenta un cuadro con las características climáticas de localidades representativas de cada zona.

**Tabla 2. Zonas Climáticas.**

Zona	Temperatura °C				Heladas Período libre (días)	Precipitación		Necesidad anual media de agua (Evapotranspiración potencial)  (mm)	Deficiencia anual media de agua  (mm)	Exceso anual medio de agua  (mm)
	Invierno (jun-jul)		Verano (dic-feb)			media anual (mm)	meses de máxima (mm)			
	media	mínimas extremas	media	máximas extremas						
1. Lavayén (Perico – Güemes)	12/15	-5/-8	22/26	38/42	oct-abr 200	500/900 de este a oeste	ene. y feb. 100/160	1000; con máximos entre 130 y 140 en diciembre y enero	400 a 500 de abril a diciembre	
2. Maderas (Jujuy)	10/13	-8/-10	20/21	35/38	oct-abr 200	900/1300	enero 200	800; con máximos entre 105 y 110 de diciembre a febrero	150 de abril a octubre	
3. Ramal (Jujuy)	13/14	-4	25/26	45/46	oct-may 230	720	ene. y feb. 150/160	1000/1100; con máximos entre 120 y 150 de diciembre a febrero	300 de abril a diciembre	

4. Valle Grande (Valle Grande)	14	-6/-7	25/26	35	nov-mar 150	900	ene. y feb. 190/200	670; con máximos de 95 en diciembre y enero	prácticamente despreciable	250 a 260 de enero a marzo con máximo de 120 en enero
5. Quebrada (Tilcara)	8/10	-10/-13	16/18	34/36	ene-mar 100	200	ene. y feb. 40/60	700; con máximos entre 80 y 100 en diciembre y enero	560 al sur y 470 al norte, con máximos mensuales entre 60 y 65 de octubre a diciembre	
6. Oran (Orán)	14/15	-4	25/28	44/46	oct-abr 220/240	800	dic. y ene. 130/150	1050	300 de marzo a diciembre; (de septiembre a octubre valores medios de 60)	
7. Bermejo – Tarija (Los Toldos - Aguas Blancas)	13/15	0	26/27	45	ago-jul 280	1400 sector central disminuyendo hasta 700 en área periférica	ene. y feb. 240/260	1100	40 entre agosto y septiembre	

8. Santa Victoria (Güemes)	12	-8/-10	17/21	35	oct-mar 150	400/600	ene. y feb. 80/100	720; con máximos de 80 de diciembre a febrero	400 de marzo a diciembre (en abril-mayo y agosto-septiembre 45 a 50 por mes)	pueden producirse en enero y febrero
----------------------------	----	--------	-------	----	----------------	---------	-----------------------	---	--	--------------------------------------

Fuente: OEA, 1977

### 3.3. Hidrología

Como se mencionó en la ACRB se diferencian dos subcuencas. La subcuenca norte, denominada "Tarija - Bermejo", tiene como colector principal al río Bermejo. La subcuenca sur, denominada "Grande - San Francisco", es drenada por el río San Francisco. A partir de la confluencia de estos escurren hasta su desembocadura en el río Paraguay, utilizando como colector común al río Bermejo en sus tramos medio e inferior.

**Subcuenca Tarija - Bermejo (Anexo1).** El río Tarija tiene su origen en territorio boliviano, en los ríos Chamata, Vermillo, Trancas y otros que nacen a unos 50 km al noroeste de la ciudad de Tarija, en la falda oriental de la serranía de Sama, a 3.400 m de altitud. Después de pasar por la comunidad de Tomatas Grande toma el nombre de Guadalquivir, el que conserva hasta la confluencia con el río Camacho, 30 km al sureste de Tarija. A partir de esta confluencia, llamada "La Angostura", el río se denomina Tarija (OEA, 1977).

En el tramo anterior recibe por la margen izquierda el aporte de los ríos Carachi Mayu, Sella y Yesera - Santa Ana y por la margen derecha el de los ríos Calama, Erquis, Santa Victoria, Tolomosa y Camacho.

Aguas abajo de La Angostura el río continúa muy encajonado y con dirección muy variada, predominando la NO - SE y la N - S hasta su confluencia con el Itaú. En este tramo recibe el aporte, por la margen izquierda, de los ríos Salinas - formado por los ríos Pajonal y Santa Ana - Chiquiaca e Itaú; por la margen derecha el afluente más importante es el río Motoví. Todos estos afluentes corren por cañones muy estrechos, salvo en los alrededores de Entre Ríos donde existen algunos valles amplios en los que se observa agricultura.

A partir de la confluencia con el río Itaú, su recorrido es NNE - SSO y se denomina río Grande de Tarija. Hasta la Junta de San Antonio, en que se une al río Bermejo, sólo recibe por la margen izquierda arroyos de poca importancia que bajan de las sierras del río Seco; por la margen derecha el único afluente que se destaca es el de la Quebrada de San Telmo. Este tramo, al igual que el recorrido inferior del río Itaú, constituye frontera con la República Argentina.

El río Bermejo, según los antecedentes geográficos, tiene también su origen en Bolivia. Lo forman en sus nacientes, los ríos Orosas, Rosillas y Waykho, que nacen en las serranías situadas al norte de Padcaya. Estos ríos se juntan a unos 7 km al sur de Padcaya, continuando con marcada dirección N - S por un valle bastante estrecho, con el nombre de río Orosas hasta su confluencia con el río Condado (OEA, 1977). Este nace en territorio argentino y toma ese nombre en la confluencia de los ríos Santa Victoria y Santa Rosa, este último es límite entre ambos países. En este tramo el afluente más significativo es el río Grande, que se une al Orosas en su margen derecha frente al pueblo de La Merced.

Después de la confluencia del Orosas con el Condado, el río toma el nombre de Bermejo y corre en dirección NO - SE hasta su confluencia con el Tarija. En este recorrido recibe por la margen derecha, entre otros, a los ríos Toldos y Lipeo; en la margen izquierda se destacan los ríos Emborozú y Guandacaya Grande.

Desde Junta de San Antonio, el Bermejo corre con dirección NO - SE hasta la Junta de San Francisco y recibe todos los afluentes por su margen derecha; entre éstos, el más caudaloso es el río Pescado, que nace en las sierras de Santa Victoria a 4.000 m y cuyo afluente principal, el río Iruya, se destaca por la importancia de su caudal sólido; otros afluentes en esta margen son los ríos Blanco o Zenta y el Santa María - Colorado.

Respecto del río Iruya cabe señalar que hasta 1.865 era afluente del Blanco o Zenta, pero a los efectos de evitar los perjuicios ocasionados por las crecientes de este río a la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán, el gobierno provincial de la época efectuó una desviación del curso del Iruya hacia el Pescado. Este desvío, si bien duplicó artificialmente la cuenca del río Pescado, originó una intensa erosión en el río Iruya en su búsqueda del perfil de equilibrio.

**Subcuenca Grande - San Francisco (Anexo1).** El río Mojotoro nace por la confluencia de los ríos La Caldera y Vaqueros. El río La Caldera se origina por los ríos Arrieta y Santa Rufina, además, tiene al río Wierna entre sus afluentes más importantes. Todos estos ríos nacen al sur de las serranías de Chañi. El río Mojotoro corre de oeste a este hasta la zona de Güemes, donde gira al noreste hasta el río Saladillo. Este es afluente al igual que el río Las Pavas, límite entre Jujuy y Salta y el arroyo Las Cañadas, que desagua en el punto donde el río Mojotoro pasa a llamarse Lavayén.

Estos tres afluentes, de importancia muy similar, son los que mantienen, juntamente con el agua subterránea, los caudales de estiaje del río Lavayén.

Sus afluentes más importantes están por la margen derecha y son el Unchimé, Yaquiásmé, del Medio y Colorado. Por la margen izquierda destaca el arroyo Agua Dulce. Estos arroyos aportan caudal superficial solamente durante grandes crecidas; el resto del tiempo, sus caudales pequeños se infiltran totalmente en la amplia llanura que se extiende al oeste de las sierras de Santa Bárbara.

El río Grande, que atraviesa la Provincia de Jujuy, tiene sus orígenes en los arroyos de La Cueva y Tres Cruces o río Grande. Próximo a la localidad de Iturbe, a 3.340 m de altitud, ambos arroyos se unen, iniciando el río Grande su recorrido N - S de 144 km por la Quebrada de Humahuaca, hasta su confluencia con los ríos Reyes, a una altitud de 1.350 m.

En este tramo recibe numerosos afluentes por la margen derecha, entre los que se destacan: El Coraya, Cuchiyaco, Yacoraite, Jueya, Lipan, Hornillos, Purmamarca, Tumbaya, Coiruro, del Medio, León, Lozano, Yala y Reyes. Por la margen izquierda recibe al Chaupi - Rodero, Coctaca, Cálete, Huerta, Guasamayo y Punta Corral.

Con excepción de los ríos León, Lozano, Yala y Reyes, los demás sólo aportan caudal superficial durante las grandes tormentas, permaneciendo el resto del tiempo prácticamente seco ya que los reducidos caudales de estiaje son derivados para riego. A partir de la confluencia con el río Reyes, poco antes de la ciudad de Jujuy, el río Grande gira al sureste y después de recibir al río Perico, toma la dirección NE hasta su confluencia con el río Lavayén. A partir de este punto se denomina San Francisco y su curso sigue la dirección general NNE hasta su confluencia con el Bermejo.

En el recorrido SE el río Grande recibe por la margen derecha los aportes del río Chico o Xibi Xibi y del río Los Alisos; por la izquierda los aportes son muy reducidos, destacándose el de los ríos De los Blancos y Zapla. En su recorrido NE los aportes no tienen significación.

El río San Francisco corre desde su origen con rumbo NNE hasta la Junta de San Francisco donde se une con el río Bermejo. En su recorrido recibe por la margen izquierda varios afluentes, entre los que se destacan por su caudal los ríos Negro, Ledesma, San Lorenzo y Sora; de menos importancia son los ríos Sauzalito, Yuto, Las Piedras y Seco. Por la margen derecha el más importante es el río Santa Rita.

A partir de la Junta de San Francisco (tramo inferior del río Bermejo), el Bermejo se caracteriza como típico río de llanura, que recorre con dirección NO - SE la gran planicie chaqueña hasta desembocar en el río Paraguay a una altitud de 41 m; en este tramo recorre por sus cauces aproximadamente 1.300 km con una pendiente media comprendida entre 2 y 1,5 por ciento. El coeficiente de tortuosidad medio en este tramo es de 1,8.

### 3.4. Fisiografía

La ACRB, desde el punto de vista físico y a gran escala, es un ambiente montañoso subtropical ubicado entre el altiplano de la Puna y la llanura chaqueña, lo que le da todas las características de un área de transición (o ecotono). Si hacemos un perfil longitudinal se distinguen fácilmente cinco grandes ambientes fisiográficos: **Altiplano, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas, Estribaciones Subandinas y Bajadas Aluviales.**

“El **Altiplano** ocupa el sector norte de la Quebrada de Humahuaca, principalmente al norte de Hornaditas hasta Iturbe, allí ocurren superficies planas y elevadas actualmente estabilizadas. Se trata de antiguos depósitos fanglomerádicos y cenoglomerádicos, probablemente de origen periglacial y se corresponden con remanentes del ciclo fluvial. Entre Tres Cruces y El Aguilar, cerca de la divisoria de aguas de la Cuenca, comienza el Altiplano de la Puna, una de las superficies de erosión más antiguas y estables de toda la región. En esas superficies se encuentran los suelos presumiblemente más antiguos de la Cuenca” (OEA, 1977).

“La **Cordillera Oriental** está representada por los cordones de Santa Victoria y Zenta, continuación en la Argentina de los cordones bolivianos de Tascara y Yanchará” (Turner, 1964; Turner y Mon, 1979; citados por Reboratti, 1998). La altura media de los picos es de 4000 m, y el cordón más alto es el de las sierras de Santa Victoria en el que se destacan los cerros Azul Casa y Cerro Negro con picos que superan los 5.000 m. Esta unidad se caracteriza por la presencia de cadenas muy escarpadas con pendientes largas y abruptas y valles profundamente entallados. “Está

constituida principalmente por rocas de edad paleozoica muy metamorizadas y con fuerte tectonismo. Incluye, en parte, la región geográfica subárida de la Prepuna. En las sierras de Chañi y Santa Victoria se destacan remanentes de acción glacial” (OEA, 1977).

En las **sierras Subandinas** encontramos montañas de menor altitud que en la Cordillera Oriental. Con elevaciones promedio entre los 1.000 y 2.000 m (Mingramm, 1979; citado por Reboratti, 1998). “Estas sierras están constituidas principalmente por sedimentos terciarios, a excepción de las sierras de Zapla, Centinela, Santa Bárbara y San Telmo, que presentan depósitos ordovícicos y/o cretácicos. El relieve está condicionado por la estructura y tectónica regional ofreciendo un alineamiento sudoeste - noroeste y en sentido transversal, una secuencia de anticlinales y sinclinales marcadamente fallados. El tipo de relieve predominante es submontañoso, parcialmente disectado y con pendientes medias, distinguiéndose grupos de serranías como las ya citadas” (OEA, 1977).

“Las **Estribaciones Subandinas**, en los sectores más altos del área pedemontana, se presenta como un conjunto de remanentes de conos, pedimentos terrazados profundamente disectados ocupando áreas discontinuas y distribuidas en forma irregular. Los de mayor expresión están ubicados en la parte central y sur de la Cuenca, en los faldeos oriental y occidental de Santa Bárbara, en el faldeo oriental de la sierra de Zapla y en los alrededores de Palomitas.

Áreas menores y alargadas se sitúan en las estribaciones de las sierras bajas de Orán y Alto Río Seco, en el norte. Los niveles de terrazas más elevados del río Bermejo y el área de La Almona, al sur de Jujuy, aunque de origen distinto, es probable que correspondan al mismo ciclo geomórfico.

Estas estribaciones presentan dos niveles topográficos constantes, uno más bajo con relieve apenas ondulado y el otro ligeramente elevado, más disectado y con relieve marcadamente ondulado. En el primero se distinguen procesos del ciclo fluvial que en general se corresponde con terrazas antiguas, siendo su transición con la bajada aluvial adyacente, en ocasiones abrupta y en otras gradual. El segundo nivel se corresponde con pedimentos y conos intensamente disectados hasta alcanzar las rocas subyacentes terciarias, aunque en ciertos sectores, como al oeste de San Pedro y al pie de la serranía de Santa Bárbara, se han mantenido más estabilizados” (OEA, 1977).

Al este del último cordón de montañas (las sierras del Divisadero y Baja de Orán) comienzan las **bajadas y terrazas aluviales** amplias, suavemente onduladas y de escasa pendiente, que terminan integrándose a la llanura aluvial del río Bermejo (Reboratti, 1998). “Esta unidad se extiende desde el sur de la Cuenca hasta las proximidades de la Junta de San Antonio. Se destaca una asimetría en sus formas por cuanto la actividad fluvial de numerosos tributarios de los ríos Lavayén, San Francisco y Bermejo, se halla concentrada en la margen izquierda con una notable carga detrítica en contraposición con los afluentes del borde oriental. Otro aspecto contrastante es el régimen torrencial de sus tributarios cuando se lo compara con la senilidad de los ríos principales; de allí que estos presenten, en forma irregular, áreas mal drenadas, como por ejemplo en la margen izquierda del San Francisco entre los ríos Grande y Ledesma, en el área de Aguas Calientes y en Junta de San Antonio. La acción fluvial ha provocado la formación de conos aluviales, que casi siempre coalescen, provocando la formación de bajadas aluviales en cuyos sectores distales se habría sobrepuesto la planicie aluvial de los ríos principales. En ocasiones se presentan antiguas terrazas sugiriendo cambios en el nivel de base” (OEA, 1977).

### 3.5. Suelos

“Es factible determinar serios problemas edáficos en la Alta Cuenca, relacionados con los impactos ambientales que se producen permanentemente, uno es el avance incontrolado de muchas obras civiles por las fuertes inversiones que se están realizando: construcciones de gasoductos, poliductos, caminos de acceso sobre las áreas montañosas, que provocarán en el futuro cercano, desastres ecológicos, poniendo en peligro las cuencas hídricas para futuras obras de embalses, su regulación y amenazas a los centros poblados.

Las grandes superficies puestas en producción sin tecnología adecuada en el manejo de las tierras, la deforestación de serranías, y el sobrepastoreo de las altas cumbres producen degradación y desestabilización de los suelos, observándose grandes heridas en el paisaje” (PEA BERMEJO, 1999).

En conclusión, la actividad antrópica, la fisiografía, génesis, el clima y el modelado fluvial, entre otros factores formadores del suelo han actuado con variable intensidad en diferentes sectores de la cuenca. “En términos generales y a escala regional, la alta cuenca se manifiesta como una

cuenca de aporte, generadora de sedimentos. Ello ha generado una alta heterogeneidad taxonómica de suelos, que se manifiesta también en su capacidad de uso. A esta variabilidad se superpone una diversidad de usos actuales y pasados que han determinado un mosaico de condiciones desde el punto de vista de su conservación.

En territorio argentino de la Alta Cuenca, los suelos se presentan con mayor aptitud agrícola (clase II y III) en las llanuras aluviales, como la de los ríos Grande, Ledesma y San Francisco, alcanzando en su conjunto menos del 7% de la cuenca. En resumen, los suelos presentan importantes superficies con restricciones para el desarrollo de actividades agropecuarias, muchas de ellas asociadas a diferentes grados de erosión actual o potencial” (Rafaelli, 2003).

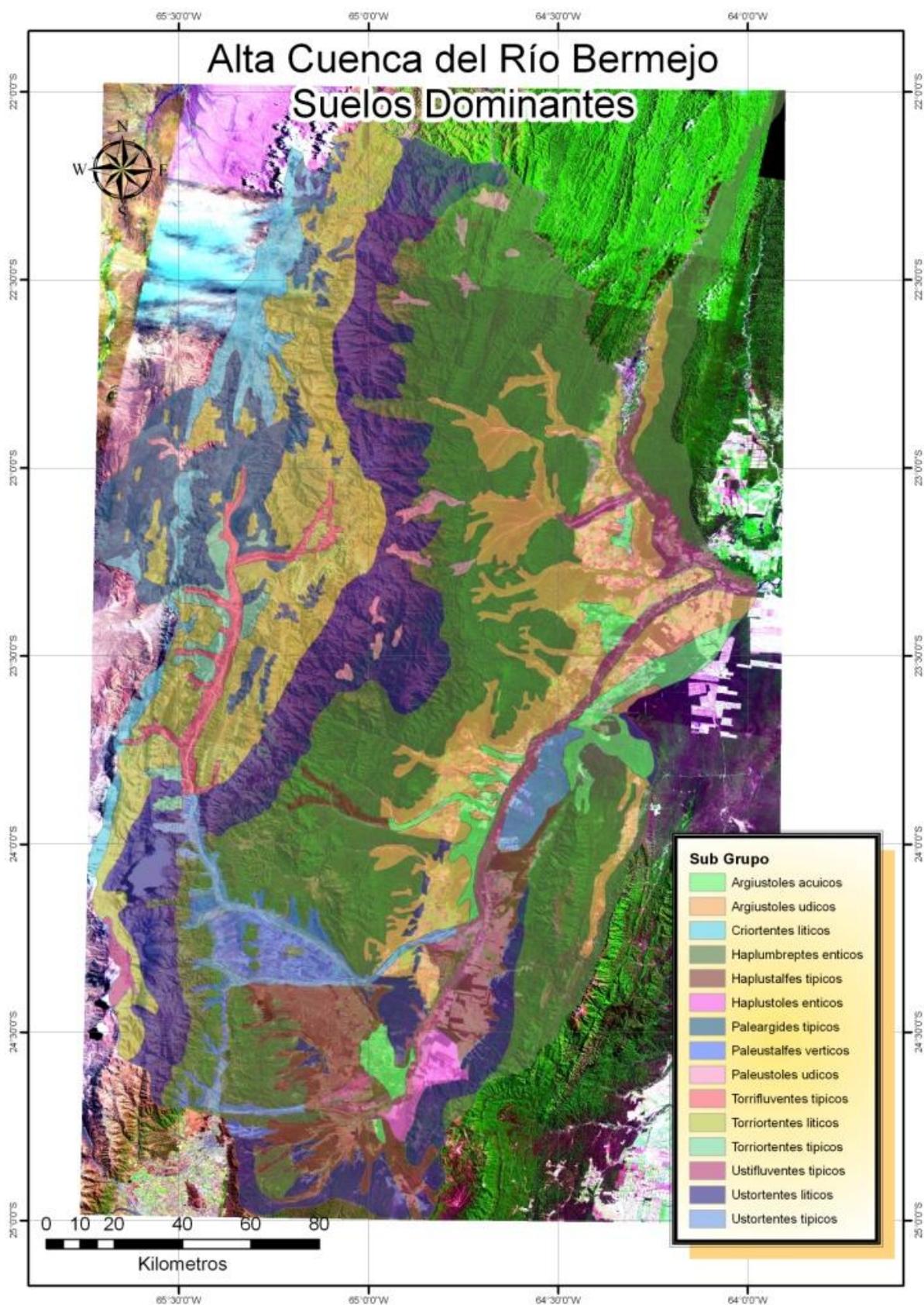
A continuación se presentan los principales Subgrupos y sus limitaciones al uso, de los suelos dominantes presentes en la ACRB en la República Argentina (**Tabla 3** y **Figura 3**).

**Tabla 3.** Características de la Unidades Cartográficas.

Subgrupo	Relieve	Erosión	Drenaje	Cap. de uso	Salin.	Des.	Anegabilidad
Argiustoles údicos	Ondulado subnormal	moderada	Imperfecto a moderado	Ile	-	4	No inundable
Argiustoles ácuicos	Normal	ligera	Imperfecto	IIIws	-	4	Poco inundable
Criortentes líticos	Abrupto Colinado	moderada	Excesivo	VIIse	-	1	No inundable
Haplumbreptes énticos	Abrupto Colinado	ligera	Bien drenado	VIIs	-	2	No inundable
Haplustoles típicos	Subnormal	moderada	Bien drenado	Ile	-	3	No inundable
Paleargides típicos	Ondulado	moderada	Imperfecto	VIce	-	3	No inundable
Torriortentes líticos	Abrupto Colinado	moderada	Excesivo	VIIe	-	1	No inundable
Torriortentes típicos	Abrupto Colinado	ligera	Excesivo	VIIc	-	1	No inundable
Torrifluventes típicos	SubNormal	ligera	Bien drenado	Vw	-	1	Anegable
Ustifluventes típicos	Sub Normal	ligera	Algo Excesivo	Vws	ligera	1	Anegable
Ustortentes líticos	Abrupto Colinado	ligera	excesivo	VIIIs	-	1	No inundable
Ustortentes típicos	Sub Normal	Ligera	Excesivo	Vsw	-	1	Poco Anegable
Paleustalfes vérticos	Ondulado	Ligera	Imperfecto	IIIws	-	4	No inundable
Haplustoles énticos	Ligeramente ondulado	Ligera	Algo excesivo	IIIsc	-	2	No inundable
Paleustoles údicos	Ligeramente ondulado	Moderada	Moderado a imperfecto	IIIew	-	4	No inundable

Fuente: PEA BERMEJO, 1999.

**Figura 3.** Subgrupos presentes en la ACRB.



Fuente: Adaptado de PEA BERMEJO, 1999.

### 3.6. Vegetación

“Hacia el occidente se extienden paisajes áridos y semidesérticos, mientras que las selvas y

*bosques cubren el oriente de la ACRB. Estas son parte del tramo meridional de las formaciones boscosas que caracterizan las laderas orientales de los Andes y que se extienden, sin interrupción, desde Venezuela hasta la provincia de Catamarca, a lo largo de unos 4.000 km*” (Troll, 1968; citado por Reboratti, 1998). En Bolivia y Argentina estas formaciones boscosas están desplazadas hacia el este, tapizando las Sierras Subandinas y parte de la Cordillera Oriental. Fitogeográficamente corresponde a la llamada Provincia de las Yungas (Cabrera, 1976). Cabe aclarar que no es frecuente detectar una diferenciación neta entre los pisos altitudinales de vegetación; hay zonas de transición donde coexisten especies y formaciones de uno y otro piso de acuerdo a la orientación de las laderas y valles y la posición topográfica; tal vez uno de los únicos límites netos que se observa en la región lo constituye la línea de bosque marcado por el aliso del cerro, en el deslinde con el pastizal de altura. Podemos considerar que, dentro de las yungas de la ACRB y yendo de este a oeste, encontramos los siguientes pisos o niveles de vegetación: **la selva de transición, la selva basal, la selva montana, el bosque montano, los pastizales de altura, la estepa puneña y el pastizal altoandino**. El Anexo 2 muestra un mapa detallado de las unidades de vegetación o coberturas presentes en la ACRB; y la **Tabla 4** la superficie aproximada de cada una.

**Tabla 4.** Superficies de las unidades de vegetación presentes en la ACRB.

<b>COBERTURAS</b>	<b>AREA (Km2)</b>
Altoandino	1833
Bosque de transición	4310
Bosque montano	4824
Chaco serrano	3182
Ciudad	30
Cultivo	3636
Pastizal serrano	5522
Prepuna	510
Puna	1123
Ripario	1721
Selva Montana	10545
Suelo desnudo	922

Fuente: PEA-BERMEJO, 1999.

A continuación se hace una descripción a nivel exploratorio, para un mayor detalle se recomienda ver Cabrera (1976), que ha descrito detalladamente la vegetación presente en las Yungas.

*“La **selva de transición** ocupaba originariamente los paisajes de relieve suave de origen fluvial entre los 300 y los 600 m de altitud. Actualmente está muy modificada y después de varias décadas de explotación forestal o -en muchos sectores- de haber sido directamente eliminada para habilitar tierras para la agricultura, quedan escasas muestras representativas. Los componentes principales de esta selva son el palo amarillo y blanco, guayaibí, cebil colorado, horco cebil y tipa*

*A partir de los 600 m aparecen nuevas especies cicatrizantes, la tala y la ortiga brava. Estos cambios marcan el comienzo de la **selva basal**. Esta ha sido muy impactada por la actividad forestal pero, a diferencia de la selva de transición, el desmonte total es menos frecuente ya que la actividad agrícola, cuando existe, es de carácter puntual y no masiva. Las especies más frecuentes en este piso son el cebil, lapacho, roble, cedro, laurel, maroma, quina, horco cebil, urundel y afata.*

*El aumento de la humedad, que en términos de altura corresponde al rango de los 900 a 1500 m y el inicio del dominio de las mirtáceas (principalmente el mato y el arrayán) marcan la aparición de la **selva Montana**. Las mirtáceas están acompañadas por varias especies que son valiosas por su madera y sobre las que se centra toda la actividad forestal. Las de mayor interés comercial son el nogal y el cedro. Sólo las vertientes de muy difícil acceso mantienen la estructura original; en el resto del área el bosque acusa los efectos de la explotación indiscriminada: alta proporción de individuos viejos y escasos árboles de buen fuste en pie. A pesar de todo, estos*

bosques muestran signos de vitalidad y hay sectores con renovales de nogal y cedro que son indicadores de una posible recuperación, si se los maneja adecuadamente.

Hay un sector altitudinal donde la formación de las mirtáceas presenta una alta proporción relativa de cedros y nogales (aprox. entre 1300-1500 m), el sotobosque es denso y exhibe una alta cobertura de helechos arbustivos. También comienzan a esbozarse cambios en la estructura vertical; se detecta la presencia de menos estratos arbóreos. Este conjunto de variaciones anuncian el pasaje al piso de los **bosques montanos**.

En forma aislada al principio y en forma más frecuente a medida que se asciende, el bosque de cedro y nogal va incorporando al pino del cerro, el cual tiene su máxima distribución entre los 1800 a 2000 m. Este forma manchones homogéneos y compactos en función de su modalidad de desarrollo, ya que tiende a formar rodales puros. Cuando crece entremezclado lo hace con el nogal en la parte inferior del piso y con el aliso del cerro hacia el límite superior.

El **bosque de aliso** constituye el último escalón de los **bosques montanos**. Tiene una estructura vertical bastante simple: un estrato arbóreo donde domina el aliso, un estrato arbustivo y un estrato herbáceo bajo y variado con buena cobertura del suelo. En la ACRB, el bosque de aliso del cerro se distribuye entre los 2.200 y 2.600 m pero suele descender por las quebradas hasta los 900 m, diseminados por las crecidas de los ríos. Durante la sequía del invierno este bosque pierde sus hojas y contrasta con el pino del cerro, que es siempre verde. El aliso alcanza las mayores alturas en los valles y desciende de nivel en las laderas, marcando de esta forma el límite superior del bosque continuo.

El **bosque montano** ha sido la menos intervenida de las formaciones arbóreas de la ACRB, por la relativa lejanía de los caminos de penetración y la dificultad que representa la construcción de picadas madereras en este piso. Una excepción ha sido el sector de Los Toldos, donde la facilidad de llegada del obraje ha llevado a una fuerte degradación del bosque montano. Es difícil conocer, por el estado actual de conocimientos de la región, el impacto que en el bosque han tenido la actividad ganadera y la recolección de leña que llevan a cabo los campesinos. Por una parte hay que tener en cuenta que el bosque montano es la fuente de leña más cercana que tienen los grupos campesinos de los pastizales y que también es la fuente de forraje más cercana cuando bajan de los pastizales agotados del invierno en los cerros. Pero por otra parte ni en cantidad de población ni en cantidad de animales manejados estamos hablando de magnitudes que puedan representar realmente un peligro para la conservación del bosque montano.

Los **pastizales de altura** ocupan la franja inmediatamente superior al bosque montano. Esta es una comunidad muy extendida en la ACRB, que ocupa laderas y cumbres y baja también hasta los valles, como en Sta. Victoria. El límite superior lo alcanza entre los 3.500-3.600 m en el borde con las formaciones puneñas y el límite inferior está a 2.600-2.700 m, donde entra en contacto con el bosque de aliso. En el valle de Santa Victoria baja hasta los 2.500 m. En la composición florística dominan las gramíneas y el aibe, con acompañantes frecuentes como los sunchos. En algunos lugares (por ejemplo el valle del río Santa Victoria), el pastizal tiene componentes leñosos importantes, como son el molle, churqui y el piquillín y hay también arbustos aromáticos.

Los pastizales están salpicados por otra formación muy conspicua, los matorrales o bosquecillos - a veces muy abiertos - de queñoa. Esta comunidad ocupa prácticamente la misma faja altitudinal que los pastizales (las últimas queñoas arbustivas se encontraron a los 3.300 m) pero, a diferencia de éstos, presenta un patrón de distribución discontinuo, ya que se ubica en forma muy selectiva, restringiéndose a los lugares donde se concentra la mayor humedad, como las quebradas y fondos de valle. En realidad no está muy claro si esta distribución obedece a causas naturales o es el resultado de la explotación de esta especie para leña u otros usos. Actualmente se distribuye por encima del aliso y marca el límite superior del crecimiento arbóreo.

Estos pastizales, dada la larga ocupación del área, seguramente han sido modificados por el constante pastoreo, pero, los resultados hasta el momento muestran una notable capacidad de regeneración del pastizal ante la intervención del hombre y la ganadería.

El **piso puneño** en la ACRB se distribuye aproximadamente entre los 3.500 y los 4.300 m. En conjunto, la comunidad es una mezcla de pastos y arbustos (bajos o enanos) que van variando en proporción de acuerdo a las características ecológicas locales. La ubicación de las áreas donde predominan las gramíneas - cuyo componente principal es la denominada paja brava - guarda

relación con los sectores más húmedos. Con frecuencia su desarrollo coincide con un alto porcentaje de vertientes u «ojos de agua» distribuidos en las laderas de las montañas. Por su lado, las estepas más arbustivas coinciden con las laderas o sitios más secos y los componentes principales son la tala, yareta y otras especies de arbustos enanos o en cojín, que alternan con las matas de pastos. En lugares muy rocosos o de suelo poco desarrollado las gramíneas prácticamente desaparecen, predominando los arbustos. Cuanto más seco es el sitio, además de disminuir el porcentaje relativo de pastos, es notorio el aumento de suelo desnudo (Ruthsatz, 1984 citado por Reboratti, 1998).

El último piso de vegetación, el **pastizal altoandino**, es bien identificable, dado que la vegetación predominante es la estepa gramínea, formada por matas aisladas de pastos amarillentos debido a la gruesa cutícula que cubre las hojas y semejan pastos secos (Cabrera, 1976). Se distribuye cubriendo las laderas en la alta montaña y la comunidad más frecuente es la asociación de iros. Hay dos comunidades muy conspicuas que merecen ser destacadas: las vegas y los tapices de Bromeliáceas. Las primeras se forman a la vera de los cursos de agua más o menos permanentes, fondo de valles o laderas suaves en las proximidades de vertientes; el verde intenso del tapiz marca la presencia de estos ambientes saturados de agua. Durante el invierno, las vegas de altura pueden permanecer varios días congeladas. Los tapices de Bromeliáceas, por su parte, cubren los roquedales” (Reboratti, 1998).

### 3.7. Fauna

“Tanto por su largo aislamiento como por la baja densidad de población, la ACRB es actualmente una de las regiones del país donde la fauna ha sido menos explotada y eso es más evidente en la zona de Yungas. Allí la fauna tiene la ventaja de tener un santuario como el Parque Nacional Baritú, pero aún fuera de él su presencia es notable. Abundan todas las especies, desde las más pequeñas hasta las más conspicuas, como el yaguararé (tigre, en términos locales), el anta o la vicuña. La variedad de pájaros es enorme y también la de insectos.

Esto no significa que la fauna sea realmente un recurso para la región y tal vez por ese motivo se mantenga en relativo buen estado. Ni la caza ni la pesca, son un factor importante dentro de la alimentación y la venta de cueros y otros productos de la caza tiene una importancia muy relativa (lo que de ninguna manera quiere decir que no exista). En cambio algunas especies son visualizadas muy negativamente por la población, como un peligro para la ganadería y esto es notable para los casos del yaguararé, el puma, el zorro y el cóndor. De todos éstos, el que se considera como de mayor peligrosidad es el yaguararé, dado que ataca a los terneros y corderos cuando en invierno son bajados hacia las Yungas. Posiblemente la ACRB sea el último lugar de la Argentina donde este felino (antes de amplia distribución en casi todo el país) se constituye en un problema, lo que no deja de traer complicaciones. Por una parte, esta especie en peligro de extinción debería ser conservada; por otra, para los campesinos es el mayor enemigo para su ganado y como tal hacen todo lo posible por eliminarlo.

Por encima de la línea de bosques, la riqueza faunística desciende, tanto por causas naturales (es un hábitat mucho menos rico en especies) como por ser el área de mayor concentración de población. Todavía en algunos faldeos existen algunos venados, el puma es relativamente común (aunque mucho más lo es el zorro) y en las cumbres y cordones más altos y aislados todavía se pueden ver vicuñas. El cóndor es un animal frecuente y como vimos, visualizado como un enemigo por la población (si bien muchas veces su capacidad como depredador es muy exagerada)” (Reboratti, 1998).

### 3.8. Aspectos Socioeconómicos

Desde el punto de vista hidrográfico las divisorias de las aguas marcan claramente el límite de la ACRB, sin embargo, desde el punto de vista socioeconómico tal delimitación pierde firmeza por varias razones. En general estas pueden resumirse, por un lado, en que la ACRB no constituye un área independiente de administración y planeamiento, sino que abarca parte del territorio de las provincias de Salta y Jujuy. Por otro lado, las estadísticas económicas y demográficas hacen referencia a la totalidad de las provincias de Salta y Jujuy.

En resumen, dado que los límites de la ACRB no coinciden con los límites departamentales o provinciales y atendiendo al nivel de estudio, se adoptó el criterio general de que el límite socioeconómico de la cuenca está determinado por los departamentos. Además, se optó por incluir al departamento Capital ya que éste se encuentra dentro de la zona económicamente más activa.

La ACRB congrega cinco regiones económicas netamente diferenciadas dentro de sus límites. Cuatro de ellas se encuentran en Argentina y son: -Quebrada de Humahuaca; -Polo de Desarrollo; -El Ramal, -Frontera (OEA, 1977).

En el área de estudio sólo encontramos tres **subregiones económicas**:

**Subregión Polo de Desarrollo:** Esta subregión, de 11.200 Km<sup>2</sup>, está integrada por los departamentos de Güemes, La Caldera y Capital, que pertenecen a la provincia de Salta, y El Carmen, San Antonio, San Pedro y Capital o Dr. Manuel Belgrano, que pertenecen a la provincia de Jujuy.

Para el año 2001 la población de esta subregión era de 910.949 habitantes (INDEC, 2001) de la cual el 56,65% pertenece al territorio salteño. La población con necesidades básicas insatisfechas (NBI) en ese año era de 220.338 habitantes de los cuales el 52,19% pertenecen a la provincia de Salta (Tabla 5)

La cantidad de instituciones educativas (nivel inicial, EGB 1 y 2, EGB 3, polimodal y superior no universitario) en el año 2006 era de 745 (479 públicas y 266 privadas) de un total de 2.443 unidades estatales y 384 privadas en la provincia, a las que se les debe sumar la Universidad Nacional de Salta (pública) y la Universidad Católica de Salta (privada). El número de docentes por cada unidad educativa estatal, salvo en el nivel inicial, fue mayor que en el sector privado; en el sector público, para el nivel inicial hubo 4 docentes por unidad educativa, 26 en EGB, 63 polimodal y 63 docentes en unidades educativas superior no universitarias (Anexo 3). En año 2001 la población analfabeta, de diez años o más, correspondiente a los tres departamentos Salteños fue de 8.020 lo que equivale al 21,15% de la población total analfabeta y al 0,97% del total de la población de diez años o más en la provincia (Tabla 5).

En la situación agrícola-ganadera de los departamentos correspondientes a la provincia de Salta, la superficie implantada en primera ocupación es de 29.957,7 has de 625.419,5 has implantadas en la provincia. Los tres departamentos suman 51.237 cabezas de ganado (42.863 bovinos, 2.619 ovinos, 3.864 caprinos y 1.891 porcinos), esto corresponde al 5,94% del total en la provincia (Tabla 6).

En cuanto a la industria manufacturera el valor de producción en el 94 fue de \$ 264.015.000, lo que equivale al 35,42% de valor de la producción salteña. Es importante destacar que sólo el departamento Capital aporta el 34,32% del valor de producción (Tabla 6).

En los departamentos salteños la producción forestal se centra en General Güemes y La Caldera en los que se extraen el 3,36% de la producción de madera en rollos y el 0,7% de otros productos (leña, postes, carbón, rodrigones, trocillos, palo bobo y suncho) a lo que se le suma un 1% del departamento Capital (Tabla 7).

En la subregión se encuentran los embalses La Ciénaga y Las Maderas construidos con propósito prioritario de riego. Un tercer embalse (Campo Alegre) fue construido principalmente para abastecer de agua potable a la ciudad de Salta.

**Subregión El Ramal:** Se encuentra ubicada a lo largo del Río San Francisco y limita al norte con los ríos Tarija y Bermejo. Comprende los departamentos Orán y San Martín, que pertenecen a la provincia de Salta; Ledesma, Santa Bárbara y Valle Grande, que pertenecen a la provincia de Jujuy. La superficie departamental de la subregión es de 36.800 km<sup>2</sup>, pero debe considerarse que gran parte de esa superficie se encuentra fuera de los límites de la ACRB.

En 2001 la población de El Ramal fue de 356.261 de la cual el 73,34% pertenece a los departamentos de la provincia de Salta. Las NBI alcanzaron a los 143.641 habitantes de la subregión y 109.380 habitantes salteños (Tabla 5).

Según el censo 2006 existen 62 unidades educativas privadas y 500 estatales (140 para el nivel inicial, 313 para EGB, 38 para Polimodal y 9 para educación superior no universitaria). No existen universidades pero si sedes regionales como la Sede Regional Orán y Tartagal pertenecientes a la Universidad Nacional de Salta. El número de docentes por unidad educativa, salvo en el Polimodal, es mayor en las instituciones privadas que en las dependientes del estado; en las estatales, en el 2006, había 3 docentes por unidad educativa para el nivel inicial, 13 para EGB, 51 para el Polimodal y 32 para educación superior no universitaria (Anexo 3). En los departamentos

salteños que pertenecen a esta subregión el número de analfabetos en el 2001 era de 13.636 lo que equivale al 1,26% de la población de diez años o más en la provincia (Tabla 5).

La superficie implantada en primera ocupación en los departamentos de la provincia de Salta correspondientes a esta subregión (Orán y San Martín) suman 121.914,1 has, esto es el 19,49% de la provincia. La actividad ganadera en estos departamentos no es menos importante, la totalidad de cabeza de ganado ascienden a 68.624 de un total de 862.965 cabezas en Salta (Tabla 6).

El aporte de la producción manufacturera de los departamentos pertenecientes a esta subregión para la provincia de Salta en el año 94 fue de \$251.728 (\$188.466 aporta el departamento San Marín) de un total de \$694.472 (Tabla 6).

La explotación forestal en los departamentos salteños es la más alta de la provincia, en el 2006 sólo en el departamento San Martín se extrajeron 54.365,05 m<sup>3</sup> de rollos de madera los que equivalen al 64,44% de la extracciones de rollos en Salta, las cuales ascienden al 83,39% si sumamos las extracciones en el departamento Orán. No es menos importante en cuanto a las extracciones de otros productos forestales, sólo en el departamento San Martín se extrae el 89,51% de un total de 619166,33 m<sup>3</sup> en la provincia de Salta y sumando las extracciones en el departamento Orán este porcentaje asciende a 98,33% (Tabla 7).

En la subregión se encuentran el ingenio Ledesma (en el departamento Ledesma) y el ingenio El Tabacal (en el departamento Orán), y algunas empresas industriales de variada importancia, cuyo énfasis esta dado en agroindustrias tales como procesadoras de frutas y papel.

**Subregión Frontera:** Está constituida por los departamentos Salteños de Iruya y Santa Victoria, que tienen poca trascendencia económica para la ACRB. En superficie, esta subregión con 7.400 km<sup>2</sup>, es la más pequeña de las cuatro argentinas.

La población en el 2001 alcanzó los 17.309 habitantes, de los cuales el 9.264 (53.52%) presenta NBI (Tabla 5).

Como es de esperar en esta subregión el número de unidades educativas es menor que en los departamentos salteños de las subregiones anteriores (212 estatales y sólo 3 privadas). De las estatales 67 son utilizadas para educación de nivel inicial, 139 para EGB, 6 para el Polimodal y no existen unidades educativas para educación Superior. La cantidad de docentes por unidad educativa es de 3 en el nivel inicial, 3 en el EGB y 18 en el Polimodal (Anexo 3). Según el INDEC en el año 2001, en la subregión la población analfabeta era del 5,98% del total de personas analfabetas y el 0,21% del total de la población salteña (Tabla 5).

La actividad agrícola no es importante en esta subregión, sólo el 0,18% del total de la provincia se halla implantada en primera ocupación. Existe una gran actividad ganadera, sólo entre bovinos, porcinos, ovinos y caprinos suman 88.434 cabezas (10,25% de la provincia) en estos dos departamentos (Tabla 6).

En esta subregión la actividad forestal se concentra en el departamento Iruya. La explotación de rollos de madera en el 2006 fue de 2.217,60 m<sup>3</sup> (el 2,63% de la provincia) (Tabla 7).

**Tabla 5.** Característica de la población para cada unidad político administrativa de la provincia de Salta.

Unidades político-administrativas	Superficie miles de Km2**		Porcentaje**		Población (1)*			Población de 10 años o más*	Alfabetos *	Analfabetos*
	total	dentro de la ACRB	dentro de la ACRB	respecto del total	Total	Con NBI (2)	% - (3)		Total	Total
<b>Total</b>	<b>102,4</b>	<b>50,6</b>	<b>49,4</b>	<b>100,0</b>	<b>1.070.527</b>	<b>338.484</b>	<b>31,6</b>	<b>812.920</b>	<b>775.007</b>	<b>37.913</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>5,0</b>	<b>3,6</b>	<b>217,6</b>	<b>7,1</b>	<b>516.016,0</b>	<b>114.990,0</b>	<b>22,3</b>	<b>404.953</b>	<b>396.933</b>	<b>8.020</b>
Dpto. Capital	1,7	0,7	41,2	1,4	468.259	99.914	21,3	368.594	362.349	6.245
Dpto. Gral. Güemes	2,4	2,1	87,5	4,2	42.123	13.227	31,4	32.047	30.493	1.554
Dpto. La Caldera	0,9	0,8	88,9	1,6	5.634	1.849	32,8	4.312	4.091	221
<b>El Ramal</b>	<b>28,2</b>	<b>7,0</b>	<b>55,6</b>	<b>13,8</b>	<b>261.283,0</b>	<b>109.380,0</b>	<b>41,9</b>	<b>191.933</b>	<b>178.297</b>	<b>13.636</b>
Dpto. Orán	11,9	5,6	47,1	11,1	123.247	53.254	43,2	89.928	83.823	6.105
Dpto. Gral. San Martín	16,3	1,4	8,6	2,8	138.036	56.126	40,7	102.005	94.474	7.531
<b>Frontera</b>	<b>7,4</b>	<b>7,3</b>	<b>197,4</b>	<b>14,4</b>	<b>17.309,0</b>	<b>9.264,0</b>	<b>53,5</b>	<b>11.852</b>	<b>9.583</b>	<b>2.269</b>
Dpto. Iruya	3,5	3,5	100,0	6,9	6.223	3.091	49,7	4.366	3.682	684
Dpto. Santa Victoria	3,9	3,8	97,4	7,5	11.086	6.173	55,7	7.486	5.901	1.585

(1) Se incluyen la población censados en la calle.

(2) Las Necesidades Básicas Insatisfechas fueron definidas según la metodología utilizada en "La pobreza en la Argentina" (Serie Estudios INDEC. N° 1, Buenos Aires, 1984).

(3) Porcentaje de población en hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas sobre el total de población de cada departamento o subregión.

Los hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) son los hogares que presentan al menos uno de los siguientes

**indicadores de privación:**

1- Hacinamiento: hogares que tuvieran más de tres personas por cuarto.

2- Vivienda: hogares en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo, lo que excluye casa, departamento y rancho).

3- Condiciones sanitarias: hogares que no tuvieran ningún tipo de retrete.

4- Asistencia escolar: hogares que tuvieran algún niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asistiera a la escuela.

5- Capacidad de subsistencia: hogares que tuvieran cuatro o más personas por miembro ocupado y, además, cuyo jefe no haya completado tercer grado de escolaridad primaria.

\*Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.

\*\*Fuente: OEA, 1977.

**Tabla 6.** Cantidad de explotaciones agropecuarias, distribución de la superficie por destino y valor de la producción manufacturera. (Provincia de Salta, unidades político-administrativas).

Unidades político-administrativas	Superficie implantada en 1ª ocupación (hectáreas)* (1)					Ganadería (cabezas)** (1)					Industria Manufacturera (2)
	Total superficie implantada en 1ª ocupación	Cereales	Oleaginosas	Industriales	Otros Cultivos	Bovinos	Ovinos	Caprinos	Porcinos	Total Cabezas	Valor de la producción (miles de pesos)
<b>Total</b>	<b>625.419,5</b>	<b>124.573,6</b>	<b>229.404,9</b>	<b>19.433,4</b>	<b>252.007,6</b>	<b>462.301</b>	<b>160.670</b>	<b>197.071</b>	<b>42.923</b>	<b>862.965</b>	<b>694.472,0</b>
<b>Total Polo de Des.</b>	<b>29.957,7</b>	<b>2.917,2</b>	<b>140,0</b>	<b>5.191,3</b>	<b>21.709,2</b>	<b>42.863,0</b>	<b>2.619,0</b>	<b>3.864,0</b>	<b>1.891,0</b>	<b>51.237,0</b>	<b>246.015,0</b>
Capital	3.126,2	370,6	---	84,0	2.671,6	7.717	372	780	1.092	9.961	7.705
Gral. Güemes	24.901,5	2.484,0	140,0	4.828,3	17.449,2	23.481	334	1.259	631	25.705	s
La Caldera	1.930,0	62,6	---	279,0	1.588,4	11.665	1.913	1.825	168	15.571	238.310
<b>Total El Ramal</b>	<b>121.914,1</b>	<b>3.833,3</b>	<b>38.346,5</b>	<b>3.611,2</b>	<b>76.123,1</b>	<b>44.298,0</b>	<b>6.764,0</b>	<b>9.220,0</b>	<b>8.342,0</b>	<b>68.624,0</b>	<b>251.728,0</b>
Gral. San Martín	90.601,7	3.818,6	30.379,9	3,6	56.399,6	29.848	2.224	4.143	4.613	40.828	63.262
Orán	31.312,4	14,7	7.966,6	3.607,6	19.723,5	14.450	4.540	5.077	3.729	27.796	188.466
<b>Total Frontera</b>	<b>1.140,5</b>	<b>396,7</b>	<b>1,7</b>	<b>-</b>	<b>742,1</b>	<b>20.158,0</b>	<b>46.391,0</b>	<b>21.089,0</b>	<b>796,0</b>	<b>88.434,0</b>	<b>s</b>
Iruya	474,7	157,1	1,7	---	315,9	9.677	16.912	14.356	67	41.012	s
Sta. Victoria	665,8	239,6	---	---	426,2	10.481	29.479	6.733	729	47.422	s

Fuente: (1) Censo Nacional Agropecuario 2002 - (2) Censo Nacional Económico 1994.

Período de referencia: \* 1º de julio del 2001 al 30 de junio del 2002 - \*\* al 30 de junio del 2002

**Tabla 7.** Extracción de madera en rollos y otros productos por zonas forestales. Provincia de Salta, año 2006.

Madera en Rollos	Gral. Güemes	Orán	San Martín	Iruya	La Caldera	Total
m3						
<b>Total</b>	<b>184,26</b>	<b>15.984,57</b>	<b>54.365,05</b>	<b>2.217,60</b>	<b>2.654,60</b>	<b>84.362,03</b>
Afata	-	628,32	668,50	22,34	-	1.319,16
Algarrobo Bco.	10,26	87,49	994,48	-	3,08	2.885,39
Algarrobo Negro	-	276,25	68,53	-	-	636,98
Arca	-	-	4,90	-	-	4,90
Cebil	-	5.411,68	20.931,69	932,68	6,00	27.595,68
Cedro	-	1.494,41	2.856,36	676,87	181,35	5.398,92
Chañar	-	3,10	-	-	-	3,10
Espinillo	-	51,82	-	-	-	69,32
Guayacán	-	17,60	74,29	-	-	161,34
Guayaibil	-	8,07	71,83	-	-	79,90
Horco Cebil	-	77,33	26,16	-	-	114,29
Horco quebracho	-	-	77,80	-	4,50	165,96
Lanza Amarilla	-	4,97	168,11	-	-	173,08
Lanza Blanca.	-	123,53	548,99	19,26	-	770,61
Lapacho	-	1.051,26	2.420,74	29,42	-	3.502,13
Lapacho amarillo	-	-	-	44,66	-	44,66
Lapacho rosado	-	73,91	397,83	-	4,00	475,74
Laurel	-	353,14	434,31	-	-	787,45
Mistol	-	0,10	16,65	-	-	308,75
Molle	-	14,10	262,08	-	-	276,18
Mora amarilla	-	588,04	989,46	-	-	1.602,20
Nogal	-	75,62	-	9,25	-	146,65
Otras especies	-	32,46	41,64	-	-	74,10
Pacará	-	215,79	88,33	4,50	-	308,62
Palo Amarillo	-	1.173,06	4.706,93	-	-	6.329,04
Palo Blanco.	-	555,73	4.872,71	-	-	5.500,09
Palo San Antonio	-	0,45	-	-	-	0,45
Palo Santo	-	-	1.009,60	-	-	1.258,20
Pino del Cerro	-	-	-	-	2.448,27	2.468,27
Queb.Blanco.	-	336,26	2.523,88	-	-	5.866,55
Queb.Colorado	-	418,22	2.221,47	-	7,40	4.283,14
Quina Blanca	-	6,62	3,00	22,15	-	31,77
Quina Colorada.	25,70	525,91	1.935,74	435,01	-	3.096,67
Roble	-	88,51	178,56	3,36	-	270,43
Sauce	48,00	523,61	-	-	-	571,61
Tipa Blanca.	100,30	517,82	234,84	9,53	-	915,49
Tipa Colorada.	-	244,79	594,33	-	-	839,55
Urundel	-	942,31	4.940,06	1,00	-	5.954,55
Virarú	-	45,49	1,25	7,57	-	54,31
Visco	-	16,80	-	-	-	16,80
Otros Productos	Capital	Gral. Güemes	La Caldera	Orán	San Martín	Total
<b>Total</b>	<b>6.184,00</b>	<b>1.679,60</b>	<b>2.476,20</b>	<b>554.241,24</b>	<b>54.585,29</b>	<b>619.166,33</b>
Carbón (Ton)	-	-	-	198,00	156,55	7.638,67
Leña(Ton)	6.184,00	1.559,60	2.476,20	1.193,24	2.453,74	31.808,62
Postes (Unid)	-	120,00	-	-	32.937,00	68.302,00
Rodrigones (Unid.)	-	-	-	-	18.820,00	23.320,00
Trocillos	-	-	-	-	218,00	449,00
Palo bobo	-	-	-	34.850,00	-	34.850,00
Suncho	-	-	-	518.000,00	-	518.000,00

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Programa de Fiscalización y Control.

### 3.8.1. Estructura Económica

Dado a que no se dispone de información desagregada, como primera aproximación se analizó el desarrollo global de la provincia de Salta.

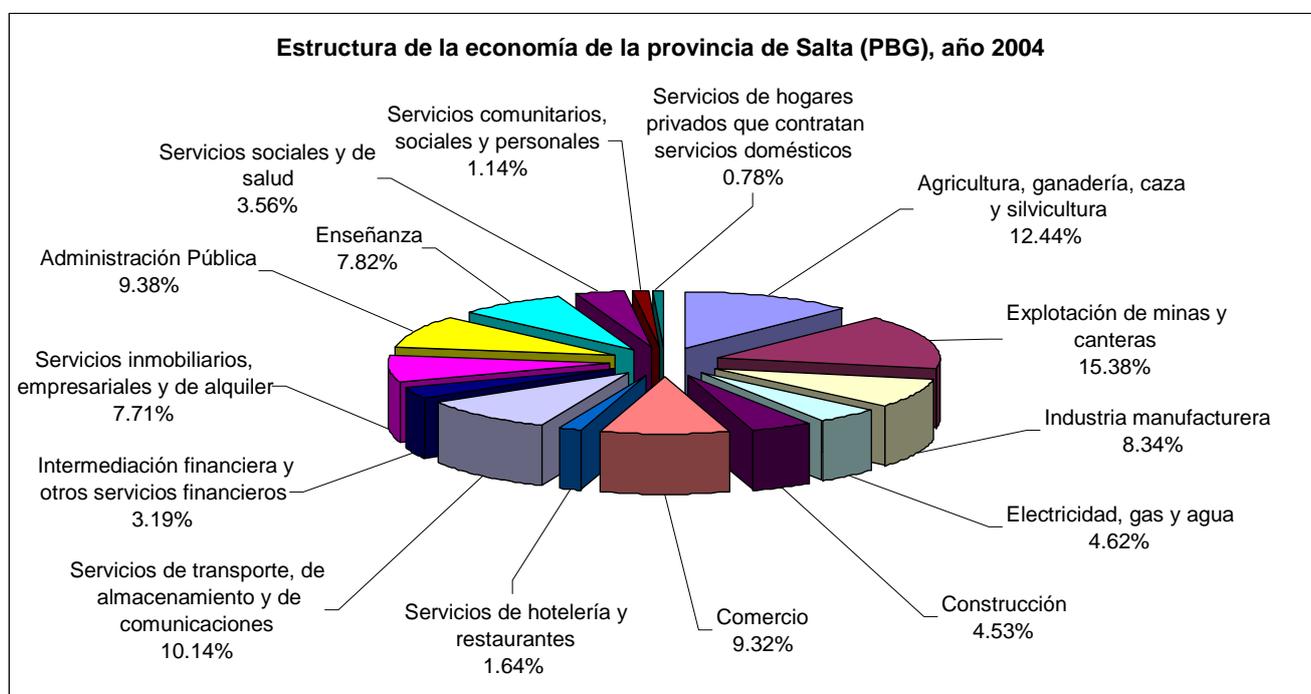
#### 3.8.1.1. Producto Bruto Geográfico

En cuentas nacionales el producto de un país o región se define como el valor, a los precios de mercado, de la producción total de bienes y servicios finales, libre de duplicaciones. La medición de este flujo de riqueza está referida habitualmente a un período anual. Pese a las limitaciones que se le han señalado desde el punto de vista teórico, el Producto Bruto es utilizado en forma generalizada como un indicador sencillo y fácilmente comprensible que refleja el bienestar material alcanzado por una sociedad. Recordemos que el Producto y el Ingreso son dos caras de una misma moneda, es ésta una identidad básica de las cuentas nacionales. El Producto Bruto Geográfico (PBG) es la versión provincial del Producto Bruto Interno (PBI).

El Anexo 4 muestra que el PBG salteño, desde el año 1993 al 2004, creció a un ritmo de 3,63% aumentando así un 46,60%. El cuadro también muestra que en la mayoría de los sectores el PBG se ha incrementado, con excepción del sector construcción y el sector servicios sociales y de salud los cuales se mantuvieron estables y el sector de intermediación financiera y otros servicios financieros en el que el PBG disminuyó un 20,80%. En ese periodo los sectores de mayor crecimiento fueron los de servicios de hostelería y restaurantes (189,19%), servicios de hogares privados que contratan servicio doméstico (157,57) y explotación de minas y canteras (154,47%).

La **Figura 4** muestra el PBG correspondiente al año 2004, se observa que el sector de mayor importancia es el de explotación de minas y canteras que generó el 15,38% del PBG de Salta, siguiéndole la agricultura, ganadería, caza y silvicultura con el 12,44% y servicios de transportes, almacenamiento y de comunicaciones con el 10,14%. A pesar de que es uno de los sectores de mayor crecimiento, los servicios de hogares privados que contratan servicios domésticos, es el que menos aporta al PBG (0,78%).

**Figura 4.** Estructura de la economía de la provincia de Salta. Año 2004.



Fuente: Dirección General de Estadísticas de la provincia.

#### 3.8.1.2. Exportaciones

Las exportaciones son un buen indicador de las actividades más importantes y de cómo estas intervienen en la actividad económica en la provincia de Salta.

Según la dirección de estadísticas y censos de la provincia, en las primeras estimaciones, las exportaciones de los productos de origen salteño ascendieron en 2004 a casi 600 millones de dólares. Las cifras surgen de procesamientos preliminares del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) que se fundamentan en documentación aduanera y en otras fuentes de información complementaria.

La clasificación por grandes rubros, que se muestra en la **Tabla 8**, evidencia que los combustibles y la energía representaron más de la mitad de las ventas (52,0%). Los productos primarios quedaron en segundo lugar (32,6%) y bastante lejos se ubicaron las manufacturas de origen industrial (9,3%) y las de origen agropecuario (6,1%).

Durante 2004, las exportaciones abarcaron 58 capítulos diferentes de la Nomenclatura Común del MERCOSUR (NCM). Pero en los tres más importantes –combustibles, legumbres y tabaco– se concentró el 70% del valor total. Como vino ocurriendo en los últimos años, la energía y los combustibles derivados del petróleo se ubicaron a la cabeza de las ventas provinciales con el 52,0%, seguidos por legumbres (9,2%), tabaco (8,8%), oleaginosas (8,2%) y productos químicos (7,7%).

La producción salteña se colocó en 126 naciones distintas. Los mercados más relevantes durante el año 2003 fueron Brasil con 174,0 millones de dólares (29,1% del valor total), Chile con 129,2 millones (21,6%), Bolivia con 53,2 millones (8,9%) y Estados Unidos con 46,9 millones (7,8%). En la quinta posición del ranking se ubicó China, con 32,9 millones de dólares de monto de ventas (5,5%).

**Tabla 8.** Exportaciones Salteñas según grandes rubros. Año 2004.

Grandes Rubros	Valor FOB (miles US\$)	Porcentaje del valor FOB
<b>TOTAL</b>	<b>598.579,1</b>	<b>100,0</b>
<b>Productos primarios</b>	<b>194.893,6</b>	<b>32,6</b>
104C Legumbres	54.600,6	9,1
108A Tabaco sin elaborar, en hojas	48.974,2	8,2
107A Soja	45.151,4	7,5
Resto	46.167,4	7,7
<b>Manufacturas de origen agropecuario</b>	<b>36.796,2</b>	<b>6,1</b>
214B Pieles y cueros preparados	15.605,2	2,6
Resto	21.191,0	3,5
<b>Manufacturas de origen industrial</b>	<b>55.476,0</b>	<b>9,3</b>
302A Inorgánicos	46.326,0	7,7
302F Aceites esenciales y resinoides	6.812,6	1,1
Resto	2.337,4	0,4
<b>Combustible y energía</b>	<b>311.413,2</b>	<b>52,0</b>
402A Naftas	123.420,2	20,6
404A Gas de petróleo	105.077,2	17,6
402Z Resto de combustibles	51.951,4	8,7
405 Energía eléctrica	30.964,4	5,2

Fuente: Dirección General de Estadísticas de la provincia.

### 3.8.1.3. Producción Minera e Hidrocarburífera

La provincia de Salta contribuyó en 2003 con el 2,4% del valor de la producción minera en el país. En ese año existían 48 establecimientos mineros activos y 15 inactivos (INDEC, 2003).

Según la Secretaria de Minería, Industrias y Recursos Energéticos desde en el año 2002 al 2006 en la provincia de Salta la explotación de gas y petróleo se mantuvo constante. En el 2006 la producción de petróleo fue de 954.918,36 m<sup>3</sup> lo que equivalen en regalías a \$45.681.167,75 y la de Gas fue de 7.439.829.197 m<sup>3</sup> (\$56.187.403 en regalías).

## **3.8.2. Servicios**

### **3.8.2.1. Salubridad**

La tasa de mortalidad disminuyó del 5,6 en 1990 a 5,3 en 1999 en la provincia de Salta, manteniéndose por debajo de la tasa de mortalidad total del país (8,8 y 7,9 entre los años 1990 y 1999 respectivamente). La tasa de mortalidad infantil también disminuyó en esta década, de 32,3 en el año 1990 a 21,2 en 1999, pero aún sigue siendo elevada en comparación con la tasa de todo el país (25,6 en 1990 y 17,6 en el año 1999).

En 1998 en Salta el número de médicos era de 1.849 y la cantidad de pacientes por médico fue de 553; en la década del 90 el total de establecimientos con internación se mantuvieron en 49 y los establecimientos sin internación aumento de 346 a un total de 512 (Ministerio de Salud y Acción Social, 1998).

### **3.8.3. Infraestructura**

#### **3.8.3.1. Red vial**

La provincia de Salta cuenta con 9.163,23 Km. de red caminera (7.271 Km. bajo jurisdicción provincial y 1.892,23 bajo jurisdicción nacional) de las cuales el 21,40% esta pavimentado, el 37,55% son caminos consolidados y el 41,05% son naturales.

Los principales caminos de la región argentina son las rutas nacionales N<sup>os</sup> 9 y 34 de orientación N - S, vinculadas entre sí por las rutas N<sup>os</sup> 56,1 y 51. Estas vías conectan los principales centros poblados y productores de la zona y por medio de rutas provinciales se comunican con las poblaciones menores que atraviesan en su recorrido.

La ruta 9 es una de las más extensas de Argentina. Comunica Buenos Aires con La Quiaca; empalma en esta ciudad con un camino boliviano que llega hasta La Paz.

La ruta 34 también vincula a la Argentina con Bolivia, pasando por la ciudad de Yacuiba; la 50, que va desde el empalme con la 34, al norte de Pichanal, comunica ambos países a través de la localidad de Bermejo. La ruta 34, por el sur, vincula a la ACRB con San Miguel de Tucumán y desde esta ciudad con el resto del país.

Desde Salta es posible comunicarse con el puerto de Antofagasta, en el norte de Chile, por medio de la ruta nacional 51, que cruza la Cordillera de Los Andes por el paso de Huaytiquina.

#### **3.8.3.2. Infraestructura Aérea**

En la provincia de Salta existen en actividad un aeropuerto internacional (General Don Martín Miguel de Güemes) y seis en las ciudades de Orán, Tartagal, Santa Victoria este, Metán; Cachi y Cafayate estos cuatro últimos pertenecientes al gobierno de la provincia de Salta (Fuente: Fuerza Aérea Argentina. Aeropuerto Internacional General Don Martín Miguel de Güemes).

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Erosión Hídrica**

*“La erosión hídrica es uno de los principales problemas de la agricultura en el mundo, no sólo porque afecta directamente al sitio donde ocurre, sino también a los efectos que provoca la deposición y la contaminación de los materiales acarreados por la escorrentía. La pérdida de tierras cultivables en el mundo, debidas a los procesos de erosión acelerada, se estima entre 5 y 7 millones de hectáreas por año.” (Núñez, 2006).*

Es un proceso normal y lento cuando actúan agentes geológicos (el agua, el viento, la energía solar, la gravedad y los glaciares), pero es acelerada cuando interviene el hombre. En la primera existe un equilibrio entre la erosión y la nueva formación de suelo en condiciones naturales y no siempre implica un efecto adverso sobre el suelo o el ambiente. Por éste mecanismo es modelado el paisaje donde se observa la suavización del relieve montañoso y el desarrollo de llanuras, valles, deltas y otras geoformas. La erosión acelerada se encuentra lejos del equilibrio entre la pérdida y la formación de suelos y se acentúa por la acción del hombre, ya sea por el pastoreo excesivo, eliminación de la vegetación natural, cultivos en laderas pronunciadas o en sentido de las pendientes, el monocultivo y otras prácticas irracionales.

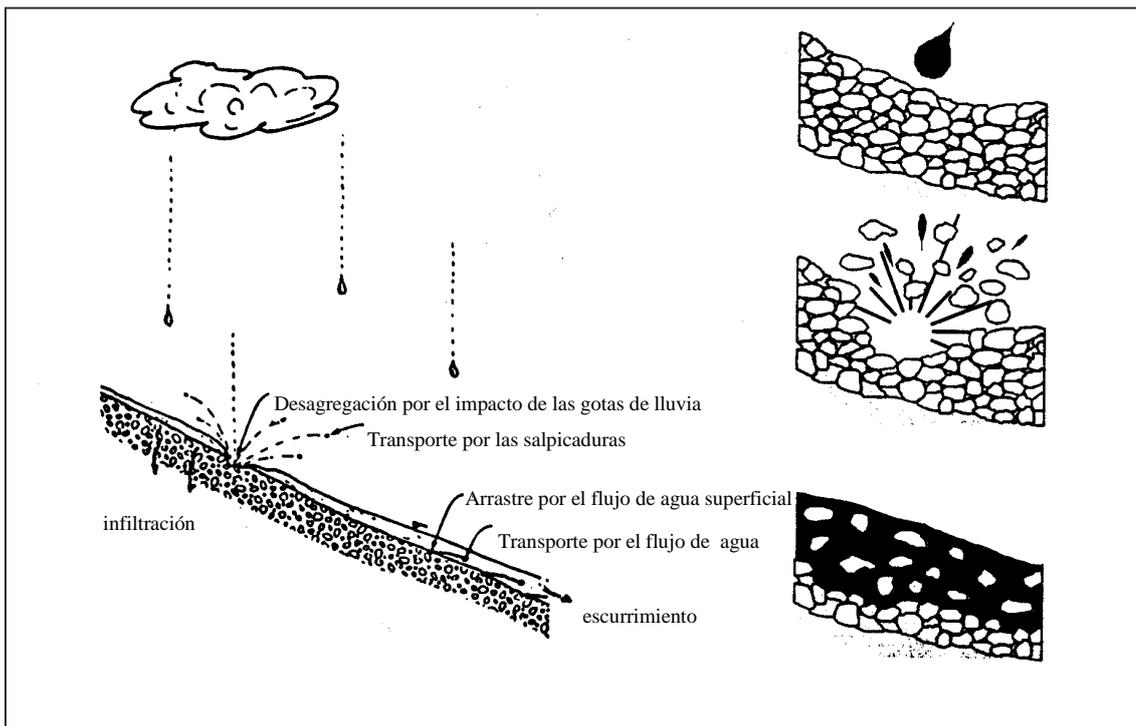
“La erosión se define como el proceso de separación, transporte y deposición de la capa superficial del suelo por agentes erosivos” (Mármol, 2006). Cuando el agente erosivo es el agua se denomina Erosión Hídrica y Erosión Eólica cuando es generada por el viento.

“La erosión hídrica es el fenómeno generado por la disgregación - acción dispersante de las gotas de lluvia - y el transporte por parte del agua de escurrimiento de las partículas removidas del suelo. Como se definiera, la erosión hídrica depende inicialmente de dos fases: del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo; y, del transporte de las partículas removidas.” (Núñez, 2006).

La **Energía Cinética de las Gotas de Lluvia** es un factor importante en el proceso de erosión hídrica. Ellison, 1944 (Citado por Villanueva et al, 2004) concluyó que la cantidad relativa de suelo desprendido de la superficie estaba en función de la intensidad de la lluvia (cantidad y duración), del tamaño (que normalmente se incrementa proporcionalmente con la intensidad de la lluvia) y la velocidad de las gotas (se incrementa proporcionalmente con el tamaño de las gotas). Luego continúa con la **Erosión por Salpicadura** producido por el **Impacto de las Gotas y Desprendimiento de Suelo**. Dada su energía cinética, las gotas logran disgregar los agregados del suelo y reducirlos finalmente en dimensiones más propicias para el transporte posterior por las aguas de escorrentía.

Finalmente culmina en la **Fase de Transporte** donde las partículas de suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia son arrastradas por el agua. La lluvia que no penetra en el suelo escurre pendiente abajo, incrementando su velocidad al concentrarse adquiriendo mayor capacidad erosiva por el aumento de la energía potencial. Sin embargo, la cantidad y tipo de material realmente transportado dependerá de las características físicas y químicas del terreno, tales como el tamaño de las partículas, el grado de cohesión, la pendiente, contenido de materia orgánica, etc.

**Figura 5.** Procesos de Erosión Hídrica.



Fuente: Guy Parent et al, 2001.

“Las partículas que las aguas se llevan de las partes más altas son depositadas en los bajos, depresiones y en los cursos de agua, originando graves problemas de drenaje y colmatación, como así también diversos daños en las infraestructuras. El suelo resultante de este proceso posee características estructurales e hídrica cualitativas y cuantitativas menos deseables que las originales, evolucionando hacia un ambiente más hostil, menos productivo y con equilibrios menos favorables para el desarrollo de los seres vivos”. (Alerta Amarillo, 1995).

Dependiendo generalmente de las características del relieve, la erosión hídrica puede ser **Laminar**, en **Surcos** y en **Cárcavas**.

La erosión laminar es la remoción, más o menos uniforme, de una lámina desde la superficie en terrenos inclinados. Se trata de una erosión imperceptible, aunque cuantitativamente es importante por la gran cantidad y superficie de tierra afectada. El fenómeno se manifiesta por la aparición de sectores de suelos con colores claros debido a que el escurrimiento arrastra la capa superior rica en materia orgánica y las fracciones limosas y arcillosas y aparece el subsuelo donde se observan las partículas arenosas.

La erosión en surcos se inicia por la acumulación de agua en las pequeñas depresiones del suelo y, cuando la rebasan fluye portando sedimentos en suspensión y formando surcos. En este tipo de erosión el desprendimiento no se produce por el impacto de gotas de lluvia, como en la laminar, sino por la energía del flujo de agua. La erosión en surcos transporta menos material que la laminar, y por lo tanto los daños son menores, pero son más visibles; no obstante, sus efectos pueden ser borrados rápidamente con el laboreo.

El tercer tipo de deterioro edáfico por acción del agua es la erosión en cárcavas. Es similar a la anterior (y se manifiesta generalmente después de la erosión en surcos) pero mucho más intensa y que no es posible borrar con los instrumentos normales de labranza. Las cárcavas pueden alcanzar varios metros de profundidad atacando no sólo el suelo, sino el subsuelo y obras de infraestructura.

La F.A.O. clasifica la erosión de la USLE en las siguientes clases (**Tabla 19**):

**Nula a Ligera:** Tierras sin degradación o que presentan erosión laminar. Los suelos mantienen aún sus características biológicas (materia orgánica) y físicas (estabilidad estructural), lo que permite realizar actividades agrícolas comunes de la zona con prácticas conservacionistas racionales (mínimo laboreo, rotaciones de cultivos con pasturas sembradas).

**Moderada:** Tierras que presentan surcos y cárcavas aisladas además de erosión laminar. Se observa un descenso importante de la materia orgánica en los suelos así como pérdida de estructura de los mismos. Estos niveles de degradación han obligado en muchas zonas a cambiar el uso de la tierra hacia sistemas más conservacionistas (más años de pasturas, forestación), además de tener que implementar prácticas conservacionistas más costosas o específicas (laboreos en contorno siguiendo curvas a nivel, fajas empastadas, terrazas).

**Alta y Muy Alta:** Tierras que presentan cárcavas y surcos en forma significativa. En estos suelos además de haber perdido sus características biológicas y físicas originales se dificulta el pasaje de la maquinaria debido a la presencia de cárcavas.

## 4.2. Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)

La USLE (Universal Soil Loss Equation), *“Diseñada por Wischmeier y Smith, ha sido la ecuación más ampliamente aceptada y utilizada en Conservación. El modelo es fenomenológico (predice los efectos) y no proporciona una buena idea del mecanismo real involucrado”* (Casanova, 2006).

*“La USLE es un método para predecir la pérdida de suelo anual en cualquier combinación de suelo, topografía, clima, cobertura y prácticas de manejo. El método se fundamenta en la capacidad que poseen las lluvias para provocar erosión”* (Wischmeier y Smith, 1978 citado por Vich, 1987).

Es un método que se puede aplicar en cualquier región, de allí el término universal, ya que considera los principales factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica (precipitaciones, suelo, relieve, coberturas y prácticas de conservación). **Permite predecir la erosión actual y realizar simulaciones con diferentes escenarios**, sólo se debe adaptar los parámetros a las condiciones locales.

Teniendo en cuenta el concepto de erosión hídrica *“Desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo provocado por el agua”* (Mármol, 2006); el módulo USLE sólo predice la erosión hídrica ya que determina el potencial de suelo a ser desprendido y transportado y no como en otros modelos, el de la MUSLE por ejemplo, que introduce en la USLE el volumen de escorrentía y caudal pico para el cálculo de transporte de sedimentos.

El modelo es el siguiente:

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

A Pérdida de suelo.

R Factor erosividad de las lluvias.

K Factor erodabilidad del suelo.

L S Factor topográfico.

C Factor cobertura y manejo.

P Factor prácticas conservacionistas.

El principal factor es el de erosividad; que mide la potencialidad de las lluvias para provocar erosión. Su acción es incrementada en función de las características del relieve (longitud y grado de la pendiente, factores L y S) y regulada por las propiedades del suelo (erodabilidad del suelo, factor K), tipo de cobertura (factor C) y prácticas conservacionistas (factor P). El valor de los cuatro primeros factores dependen netamente de las condiciones naturales del lugar, en cambio, el valor de los factores C y P pueden ser manipulados por el hombre. Los cuatro primeros factores (R, L, S y K) nos proporcionan la **Erosión Potencial**, a los que sumados los factores C y P obtenemos la **Erosión Actual o Real**.

#### 4.2.1. Factores para el Cálculo de la Erosión Potencial

Para la determinación de los factores de la USLE, se sigue el siguiente procedimiento:

##### 4.2.1.1. Factor R

Es el factor que representa la variable lluvia. Representa la capacidad erosiva de la lluvia, se expresa en  $Mj\ mm\ ha\ h^{-1}$  y es el producto de la **energía cinética ( $E^0$ )** de la misma por su máxima **intensidad en 30 minutos ( $I_{30}$ )**.

$$\text{Erosividad de la lluvia} = E^0 \times I_{30}$$

El valor de  $E^0 \times I_{30}$ , de cada tormenta en particular, se obtiene partiendo de registros pluviográficos y con el apoyo de tablas de Energía. El factor R resulta de promediar totales anuales de  $E^0 \times I_{30}$  para periodos de por lo menos 20 años. Sin embargo, existen aproximaciones que posibilitan el cálculo para localidades sin estos registros.

Algunos métodos, empleados por Herrera y Villanueva (1994), para estimar el factor R de la USLE en la provincia de Salta fueron el de Wischmeier y Smith y la ecuación de Arnoldus (1978) fundamentado en el índice de Fournier. Sus resultados fueron comparados por los obtenidos por Rojas, A. (1993), que calculó los valores de R para localidades de Orán, El Aybal, Tartagal y Rivadavia utilizando también el método de Wischmeier y Smith.

El método de **Wischmeier y Smith** se basa en el análisis de fajas pluviográficas para una serie de por lo menos veinte años. Consiste primeramente en demarcar cada quiebre de pendiente, que se observa en el gráfico, para la determinación de las diferentes intensidades de lluvia. Es decir se realiza la lectura de la cantidad de milímetros de lluvia caídos en determinado lapso de tiempo.

Estos datos son volcados en planillas confeccionadas para efectuar el Cómputo de la Energía Cinética de la Precipitación. Por lo general, constan de siete columnas:

**1º Columna.** Se registra el intervalo de tiempo expresado en minutos, correspondiente a cada cambio de pendiente.

En el caso de los registros pluviográficos obtenidos a partir de pluviógrafos a cangilones, la mínima división de tiempo impresa en la faja diaria es de diez minutos. En el caso de pluviógrafos de tipo sifón, las fajas poseen una división de tiempo impresa cada quince minutos, en ciertas fajas esta

división mide 4mm de longitud. Estas divisiones permiten realizar lecturas en lapsos más cortos de tiempo lo que agiliza y da mayor precisión al trabajo.

En el trabajo de Herrera y Villanueva en los pluviógrafos a cangilones se hizo una división imaginaria de la cuadrícula en dos partes: se determinó así que la mínima fracción de tiempo leída fue de cinco minutos y en las fajas de pluviógrafos de tipo sifón, con ayuda de papel milimetrado transparente, se realizaron lecturas en un lapso mínimo de 3,75 minutos (15/4). En las fajas de tipo semanal, que presentan una mínima división de sesenta minutos, se dividió en dos obteniéndose lecturas en fracciones de treinta minutos.

**2º Columna.** Presenta la cantidad de lluvia leída en milímetros para el intervalo de tiempo correspondiente.

**3º Columna.** Contiene la precipitación acumulada que se obtiene de sumar progresivamente los valores de la columna N° 2, dando como resultado final el total de lluvia registrada por el pluviógrafo para esa tormenta.

**4º Columna.** Muestra la intensidad de la lluvia de cada intervalo de tiempo expresada en mm/hora, se obtiene dividiendo los valores de la columna N° 2 por los de la columna N° 1 y multiplicando por 60 minutos.

**5º Columna.** Determina la energía cinética de la lluvia natural expresada en kgm/ha.mm, hallándose estos valores mediante una tabla donde se entra con los valores de intensidad en mm/hora de la columna N° 4. (**Tabla 9**)

**Tabla 9.** Energía Cinética de la Lluvia, Expresada en Toneladas Métricas por Hectárea, por Centímetro de Lluvia Caída<sup>1</sup>.

Intensidad cm/h	.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0	121	148	163	175	184	191	197	202	206
1	210	214	217	220	223	226	228	231	233	235
2	237	239	241	242	244	246	247	249	250	251
3	253	254	255	256	258	259	260	261	262	263
4	264	265	266	267	268	268	269	270	271	272
5	273	273	274	275	276	276	277	278	278	279
6	280	280	281	281	282	283	283	284	284	285
7	286	286	287	287	288	288	289 <sup>2</sup>	-	-	-

1 Calculada con la ecuación  $E = 210 + 89 \cdot \log_{10} I$ , cuando E = a la energía cinética en toneladas métricas por hectárea por cada centímetro de lluvia, e I = a la Intensidad de la lluvia en centímetros por hora.

2 El valor 289 se aplica para aquellas intensidades horarias superiores a 7,6 cm por hora.

Fuente: USDA, 1978. (Tomado de Villanueva y Osinaga, 2004)

**6º Columna.** Proporciona el incremento de energía en kgm/ha, obteniéndose de la multiplicación de la columna N° 2 por la columna N° 5.

**7º Columna.** Expresa la energía acumulada en kgm/ha, interesando el dato final de la columna ya que es la energía cinética total (E<sup>0</sup>) de la tormenta analizada.

Este valor se multiplica por la máxima intensidad de lluvia registrada en treinta minutos (I30), que se obtiene también del análisis de las fajas. Esta intensidad a su vez se multiplica por dos para expresarla en mm /hora, obteniéndose así el valor de ExI que se expresa en MJ mm/ha.h.

A continuación se presenta un ejemplo, extraído de Herrera y Villanueva (1994), de análisis de una faja pluviográfica con la correspondiente planilla de Cómputo de la Energía Cinética de la Precipitación y cálculo de E x I para esa tormenta. El análisis de las fajas pluviográficas y el de las planillas para el computo de E<sup>0</sup> se realizan en base al criterio del investigador, pero el mecanismo es siempre el mismo.

**Tabla 10.** Ejemplo para el Cálculo de la Energía de la Precipitación

Localidad: Salta

Fecha: 26-29/ene/93

Lluvia Total: 25

Total Pluviómetro: 25,2

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7
Inter. de Tiempo (min)	Pp (mm)	Pp Acum (mm)	I del intervalo (mm/h)	E° (kgm/ha.mm)	Inc E° (kgm/ha)	E° Acum. (kgm/ha)
15	10		40	26,4	264	264
20	6,5	16,5	19,5	23,7	154,05	418,05
5	0,5	17	6	19	9,5	427,55
110	0,75	17,75	0,4	8,6	6,45	434
90	2,25	20	1,5	13,7	30,825	464,825
40	3	23	4,5	17,9	53,7	518,525
50	1,75	24,75	2,1	15	26,25	544,775
20	0,25	25	0,8	11,3	2,825	547,6

$$E \times I = \frac{130}{547,6} \times 16 = 17523,2$$

Fuente: Herrera y Villanueva, 1994

El factor R resulta de promediar los totales anuales de ExI para un período de por lo menos veinte años.

La carencia de datos pluviográficos suficientes ha imposibilitado la aplicación de la metodología de Wischmeier y Smith, lo que generó la necesidad de encontrar métodos alternativos del factor R. El de Arnoldus (1978) basado en trabajos de Fournier, es un método práctico en el que se ha llegado a establecer una fórmula por regresión lineal correlacionando valores conocidos de R con las lluvias anuales.

El índice propuesto por Arnoldus:

$$\frac{p^2}{P}$$

Donde p es la precipitación mensual y P es la precipitación anual.

Este índice fue utilizado por FAO en la elaboración del mapa universal de degradación de suelos y las principales ventajas que muestra son el empleo de datos meteorológicos simples y una buena correlación con valores medidos del factor R. Este investigador estableció entonces la ecuación general:

$$R = a * \text{Índice FAO} + b$$

Donde R es el factor de erosividad de lluvia de la USLE, a y b constantes que consideran las condiciones climáticas locales.

Para Salta y Jujuy se adoptan los valores obtenidos para el norte de EEUU, por presentar las siguientes ventajas, según criterios enunciados por Sayazo, 1986(citado por Herrera y Villanueva):

- Coincidencia aproximada con las características climáticas de la región que varía entre árido / semiárido a subtropical húmedo.

- Mayor probabilidad de extrapolación de sus valores por la cantidad de estaciones pluviométricas incluidas en el cálculo.

- Elevados valores de correlación lineal (0,89).

De esta forma la ecuación final queda:

$$R = 4,17 \times \text{Índice FAO} - 152$$

#### 4.2.1.2. Factor K

Es un factor cuantitativo de la aptitud o resistencia que poseen los suelos a la erosión cuando los demás factores se mantienen constantes (condiciones estándar). Es decir, representa la pérdida de suelo (**A**) por unidad del factor **R** (erosividad de las lluvias) y se expresa en  $Mg\ Mj^{-1}\ mm^{-1}$ .

Entonces, experimentalmente se determinan en una parcela de 22,13 m de longitud y 9% de pendiente que son mantenidas manualmente en barbecho y labranza continua. (**Figura 6**) y resolviendo la siguiente ecuación:

$$K = A / R$$

**Figura 6.** Medición estándar en parcela.

\* Superficie: 1,83 x 22,13

\* Pendiente: 9%

\* Labrada a favor de la pendiente

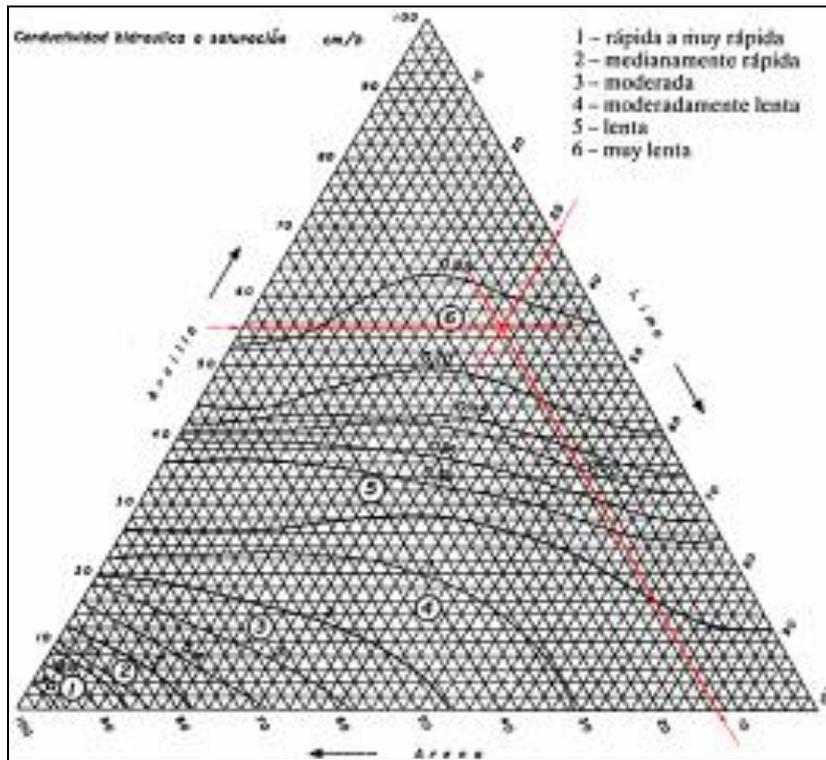
\* Barbecho continuo



Fuente: Casanova, 2006.

Según investigaciones básicas, la erodabilidad del suelo se encuentra condicionada por propiedades intrínsecas del suelo como permeabilidad del perfil, estructura, textura y materia orgánica del horizonte expuesto. Estos datos son obtenidos en calicatas y a través de análisis de laboratorio. La clase de permeabilidad puede obtenerse a través del triángulo textural, que separa la permeabilidad según el tipo de textura (TRAGSA, 1998 citado por García Rodríguez, J. L., 2007) (**Figura 7**). En caso de no contar con el valor de Materia Orgánica se utiliza el de Carbono Orgánico.

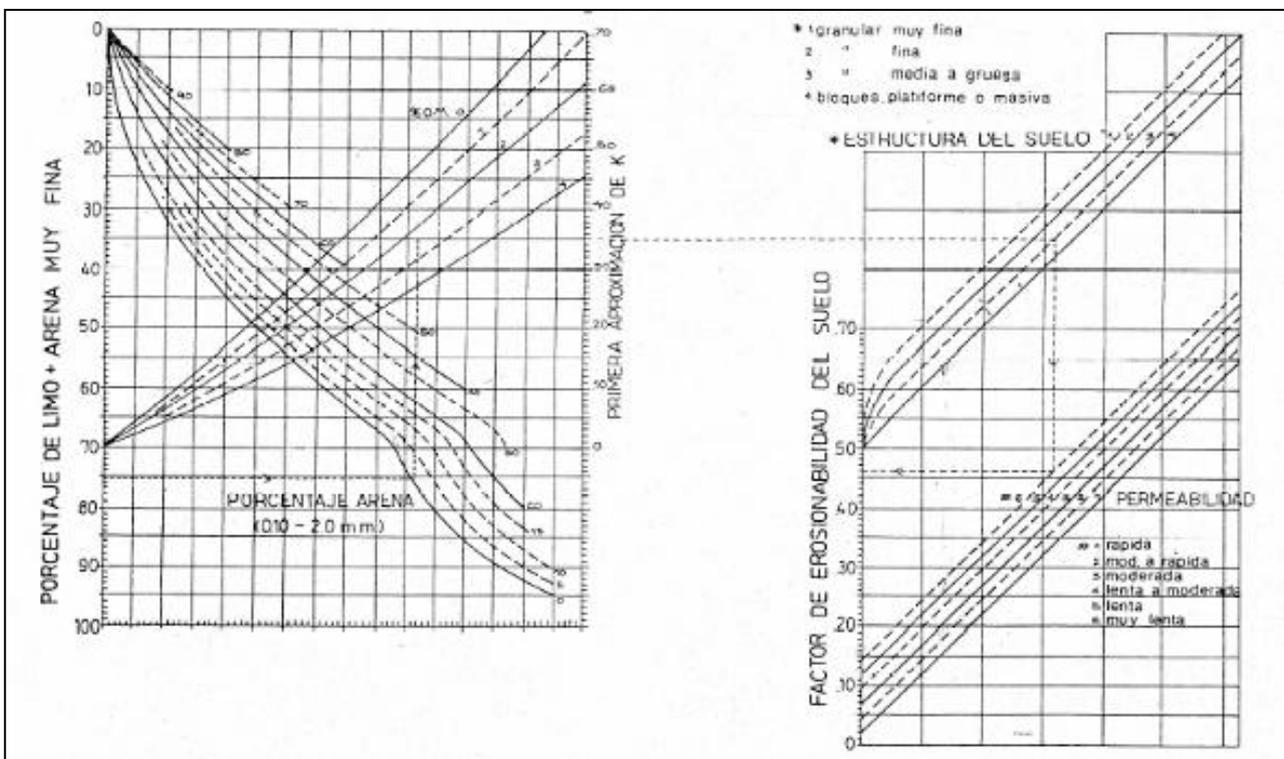
**Figura 7. Permeabilidad**



Fuente: TRAGSA, 1998

Es posible obtener el factor K mediante el nomograma de Wischmeier, **Figura 8:**

**Figura 8.** Nomograma de Wischmeier para determinar el Factor K.



\* El dato del Nomograma se multiplica por 1,292 para obtener un K métrico

Fuente: U.S.D.A. Agriculture Handbook Nº 537, 1978.

También se puede obtener el Factor K por la resolución de la siguiente ecuación que expresa la relación de las propiedades ya citadas:

$$100K = 1,292 ( 2,1 M^{1,14} 10^{-4} (12 - MO) + 3,25(E - 3) + 2,5(P - 3))$$

**Amf** = Arena muy fina

**L** = Limo

**a** = arcilla

**M** = (%Amf + %L) (100 - %a)

**MO** = Materia Orgánica

**P** = Clase de Permeabilidad

**E** = Código de Estructura

Rápida = 1 (>36 cm h<sup>-1</sup>)

Granular muy fina = 1

Moderada a Rápida = 2

Granular fina = 2

Moderada = 3

Granular media a gruesa = 3

Moderada a Lenta = 4

Bloques, laminar y masiva = 4

Lenta = 5

Muy Lenta = 6 (<0,0036 cm h<sup>-1</sup>)

#### 4.2.1.3. Factores L y S

L es el factor de largo de la pendiente. Representa la proporción de pérdida de suelos en una parcela de igual superficie que la estándar (con un L = 22.13 m) pero con diferentes longitudes de la pendiente, manteniendo los demás factores constantes. (Figura 6).

S es el factor grado de la pendiente. Representa la proporción de pérdida de suelos en una parcela de igual superficie que la estándar (con un S = 9 %) pero con diferentes grados de la pendiente, manteniendo constante los demás factores. (Figura 6).

Los factores L y S han sido evaluados por separado, pero en la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo se los consideran en conjunto como factor topográfico, representando así el efecto del relieve sobre la pérdida de suelo. *“Mediante análisis estadísticos diversos autores obtuvieron fórmulas que utilizan la longitud y el grado de la pendiente; la fórmula original de Wischmeier utiliza estos parámetros para el cálculo de los factores”* (Aguilo Bonnin et al, 1984).

$$LS = (\lambda/22,1)^m \cdot (s/0,09)^{1,3}$$

**LS**: Factor Topográfico

**λ**: Longitud de la Pendiente (m)

**s**: Grado de la Pendiente (%)

**m**: Coeficiente influenciado por la Pendiente,

**Pendientes** <1%; **m**= 0,2

**Pendientes** 1-3%; **m**= 0,3

**Pendientes** 3-5%; **m**= 0,4

**Pendientes** 5-20%; **m**= 0,5

**Pendientes** >20%; **m**= 0,6

## 4.2.2. Factores para el Cálculo de la Erosión Actual

### 4.2.2.1. Factor C

Es el factor de cubierta<sup>1</sup> y manejo (fertilización, abonos verdes, labranzas, rotaciones), y representa la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho y labranza continua (**Figura 6**). Al dejar constantes los factores R, K, L y S, las pérdidas de suelo corresponden a los efectos de la cobertura del cultivo y a las prácticas de manejo.

Una manera de encontrar los valores de C es experimentalmente, por ejemplo, Marelli y col. (citado por Villanueva G., Osinaga R., y Chávez A., 2004) encontraron, para ciertas condiciones del medio, los valores de C para el cultivo de maíz continuo en dos sistemas de labranzas: 0,36 para maíz/maíz en sistema convencional, y 0,19 en maíz/maíz en sistema bajo cubierta.

Otra forma, es mediante la utilización de tablas determinadas experimentalmente como la elaborada por la FAO para vegetación natural (1980) en la que proporciona un valor del factor C para distintos porcentajes de cobertura según el tipo de vegetación (**Tabla 11**).

**Tabla 11.** Valores de C de la FAO (1980) Vegetación Natural.

Vegetación	% de Cobertura					
	0-1	1-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Praderas y Pastizales	0,45	0,32	0,20	0,12	0,07	0,02
Bosque con buen sotobosque	0,45	0,32	0,16	0,08	0,01	0,006
Bosque con sotobosque escaso	0,45	0,32	0,20	0,10	0,06	0,01

Actualmente se dispone de datos de cobertura provistos por operaciones algebraicas entre bandas del rojo e infrarrojo de satélites terrestres, como el Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI), o a partir de los Campos Continuos de Vegetación, producto del sensor Modis (Satélite TERRA). Ver sección **6.1.2.2. Factor CP**, Pág.53.

### 4.2.2.2. Factor P

Es el factor de prácticas de conservación, representa la proporción de pérdida de suelo en una superficie con prácticas como implantación de vegetación, cultivo en contorno, cultivos en fajas, barreras vivas, o cultivo en terraza, en relación con una a labranza en sentido de la pendiente. (**Figura 6**).

Existen tablas con valores del factor P determinados experimentalmente. Cuando no se realizan prácticas P es igual a 1, disminuyendo su valor en función de la intensidad de las prácticas de conservación.

## 4.3. Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos (RUSLE)

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) constituyen las herramientas más utilizadas actualmente para evaluar las pérdidas de suelo por erosión hídrica. Como ya se dijera, la USLE es un modelo matemático de tipo paramétrico, que integra variables reconocidas como de singular significación en el fenómeno de la erosión hídrica. La ecuación de la RUSLE es similar a la anterior, diferenciándose, básicamente, por la forma en que se realiza el cálculo de los distintos factores que la conforman – los cambios resultan pequeños pues suelen compensarse en la estimación final -. La ventaja principal de la RUSLE es

<sup>1</sup> Cubierta hace referencia a la vegetación natural o un cultivo.

requerir información más accesible, lo que hace más factible su aplicación. (Villanueva, Osinaga y Chávez, 2001). Algunas diferencias con el modelo USLE son:

- Desarrollo de un término de susceptibilidad del suelo a la erosión estacionalmente variable (K).
- Un nuevo método para calcular el factor cubierta-manejo (C), utilizando subfactores que incluyen uso previo de la tierra, cubierta de cultivos, cubierta vegetal del suelo (incluyendo fragmentos de roca en la superficie), y rugosidad del terreno.
- Nuevas formas de estimar los factores de largo y magnitud de la pendiente (LS) que consideran porcentajes de erosión en surcos e intersurcos.
- La capacidad de ajustar el LS para pendientes en forma variable.
- Nuevos valores de práctica de conservación (P) para cultivos en fajas alternas, uso de drenaje subterráneo y praderas.

## 5. MATERIALES

Para el desarrollo de la Tesina se utilizaron mapas y bases de datos en formato digital provenientes de diferentes fuentes; los materiales utilizados se listan y describen a continuación:

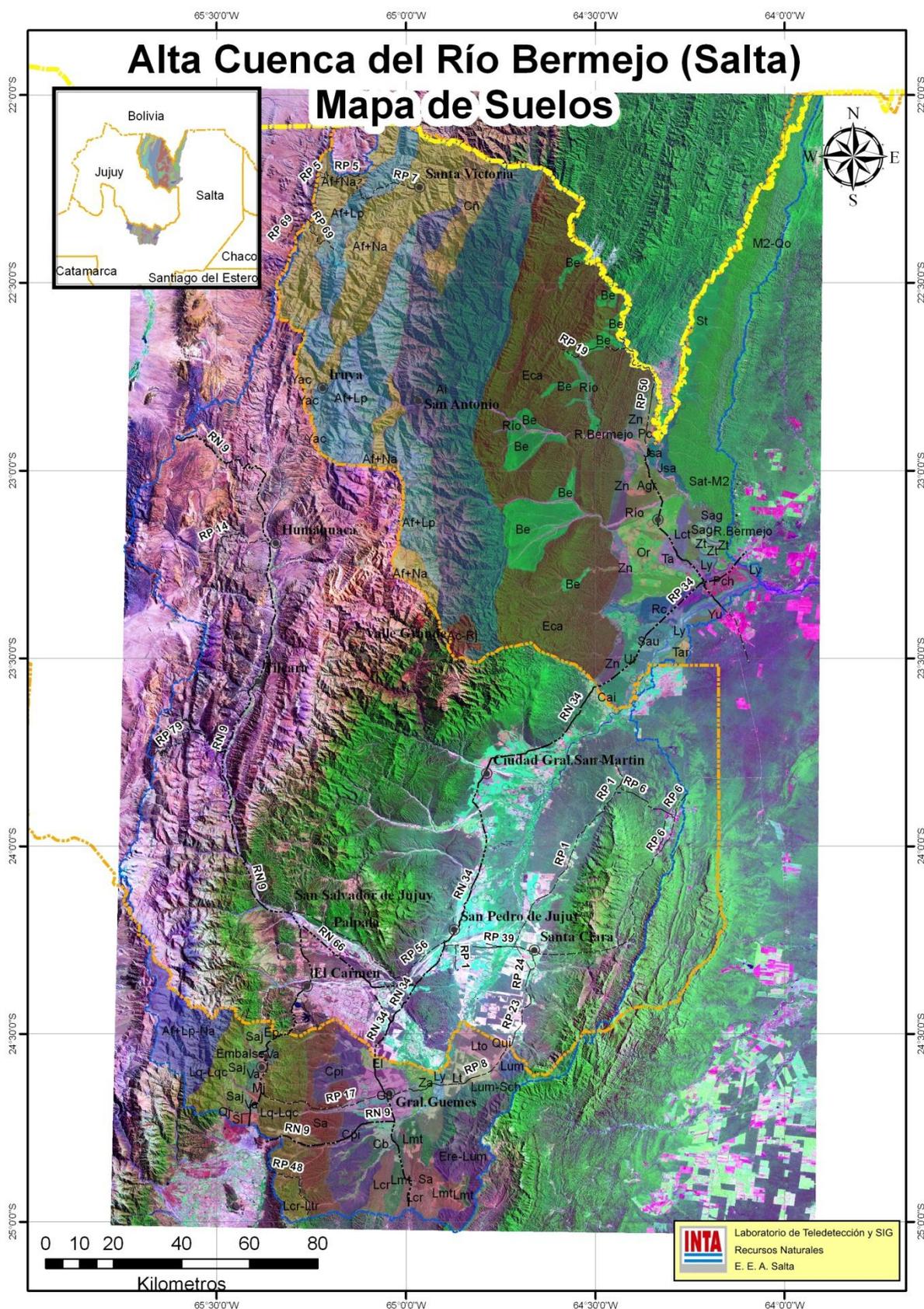
### 5.1. Mapas Utilizados

Los mapas utilizados fueron provistos por la EEA Cerrillos (INTA Salta) a través del convenio entre la mencionada institución y la Universidad Nacional de Salta.

“Los Suelos del NOA” (Nadir, A y Chafatinos, T. 1995), publicado por la Universidad Nacional de Salta. Este trabajo realizado a nivel de Reconocimiento, escala 1:500.000, comprende tres tomos con mapas, tablas y descripciones de los suelos presentes en la citada región. Cada unidad cartográfica corresponde a una Asociación y contiene información de los suelos dominantes y subordinados, incluyendo la descripción del perfil modal o típico y su análisis de laboratorio correspondiente. Comprende en total 300 Asociaciones de Suelos.

Mapa de Suelos de “Los Suelos del NOA” en formato analógico y digital (escala 1:500.000). Laboratorio de Teledetección de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2006. (**Figura 9 y Anexo 6**).

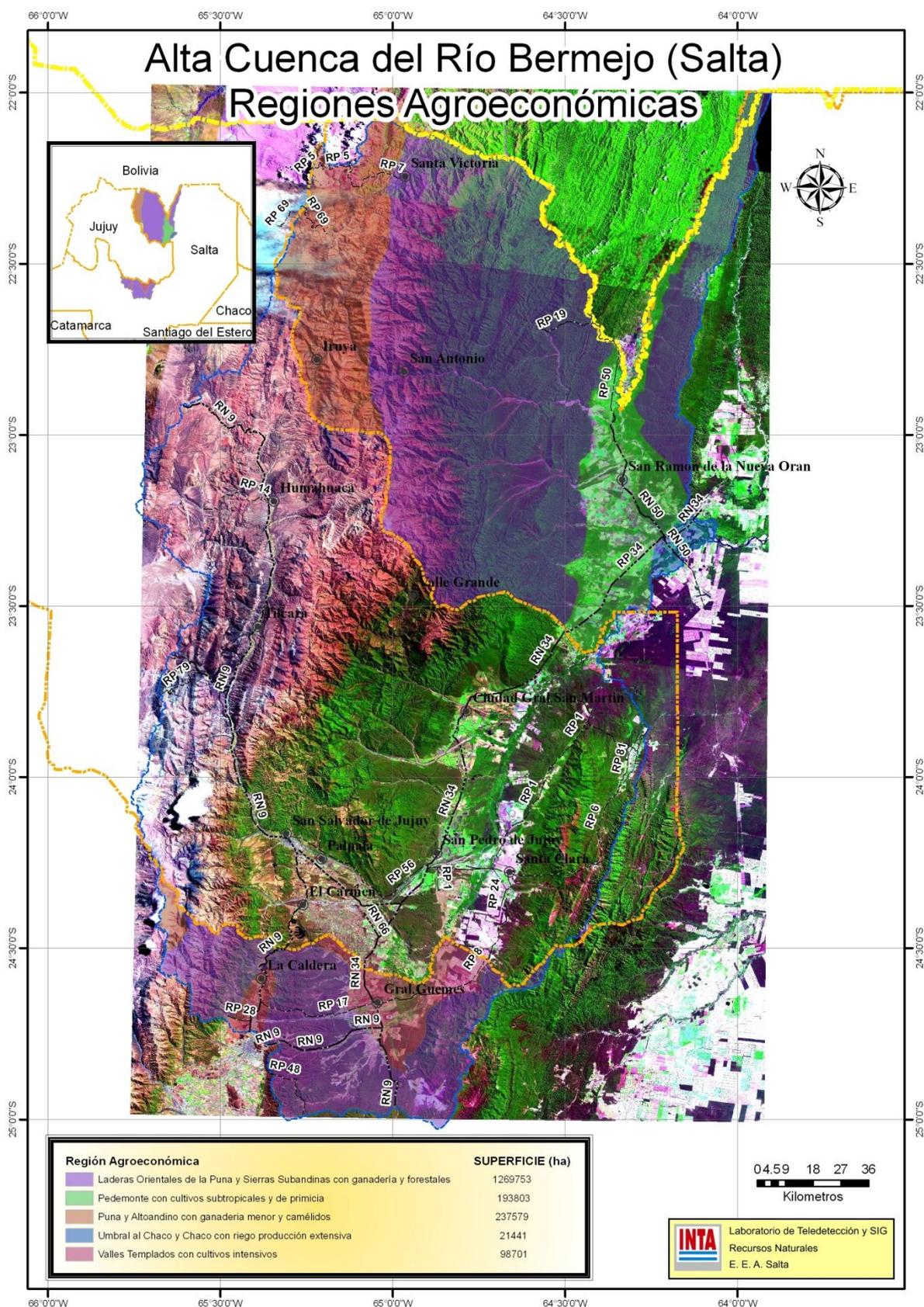
Figura 9. Mapa de suelos (ACRB - Salta).



Fuente: Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2006.

Mapa de “Regiones Agroeconómicas del Noroeste Argentino” (Bravo et al, 2005). Se generó dentro del proyecto Riesgo y Seguro Agropecuario en Argentina (RySA) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. (Figura 10 y Anexo 5).

**Figura 10. Regiones Agroeconómicas (ACRB - Salta).**

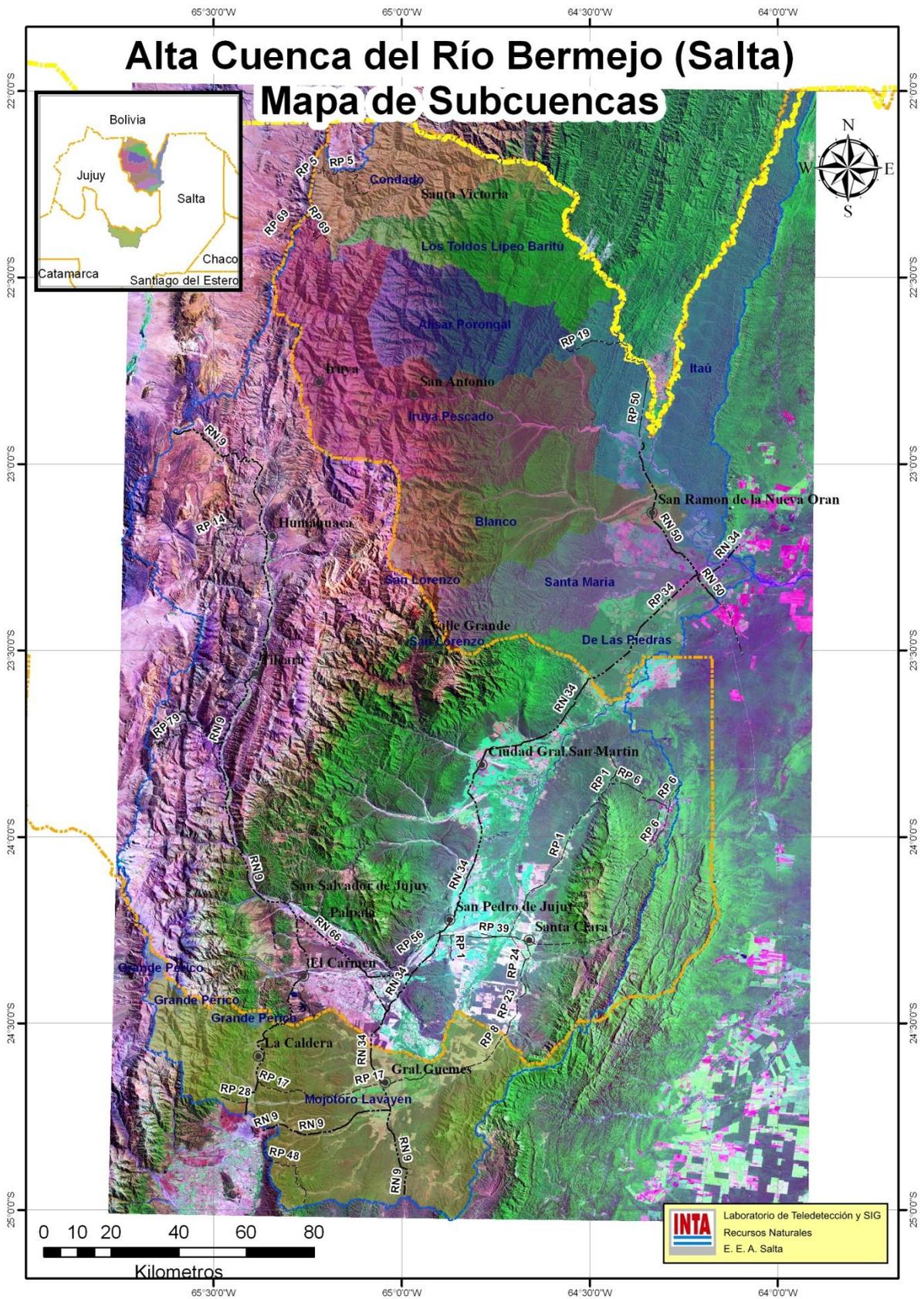


Fuente: Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2005.

Mapa de “Caracterización de las Cuenclas Hídricas de Salta y Jujuy”. Este trabajo forma parte del Proyecto Regional Salju11. Sistema de Información para la Gestión Ambiental y el Ordenamiento Territorial para las provincias de Salta y Jujuy, el mismo integra cinco módulos, entre los que se destaca: el Modulo Agua cuyo objetivo para el trienio 2006-2009, fue: Identificar y caracterizar las

cuencas hídricas de Salta y Jujuy, utilizando el Software Arc-hidrology Software ArcGIS 9.2, con énfasis en su relación con la gestión del agua para riego (Paoli et al, 2009). (Figura 11 y Anexo 10).

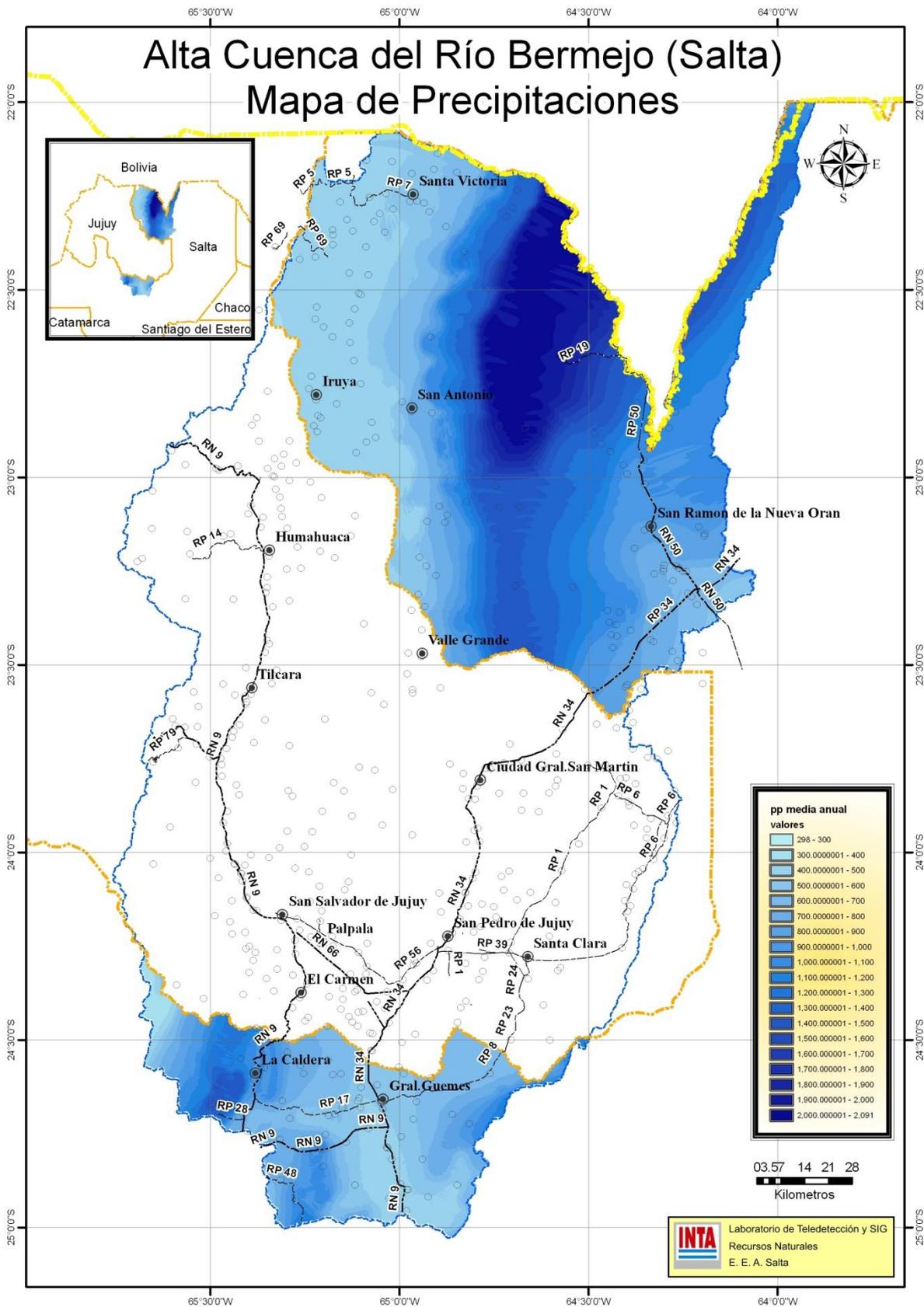
Figura 11. Mapa de subcuencas (ACRB - Salta).



Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2009.

Mapa Digital de Precipitación Media Anual del NOA (Bianchi, A. R. y Volante, J. N., 2005). Cartografía digital realizada por interpolación de las isólinas del Mapa Digital de Isohietas Anuales del NOA. (Figura 12 y Anexo 8).

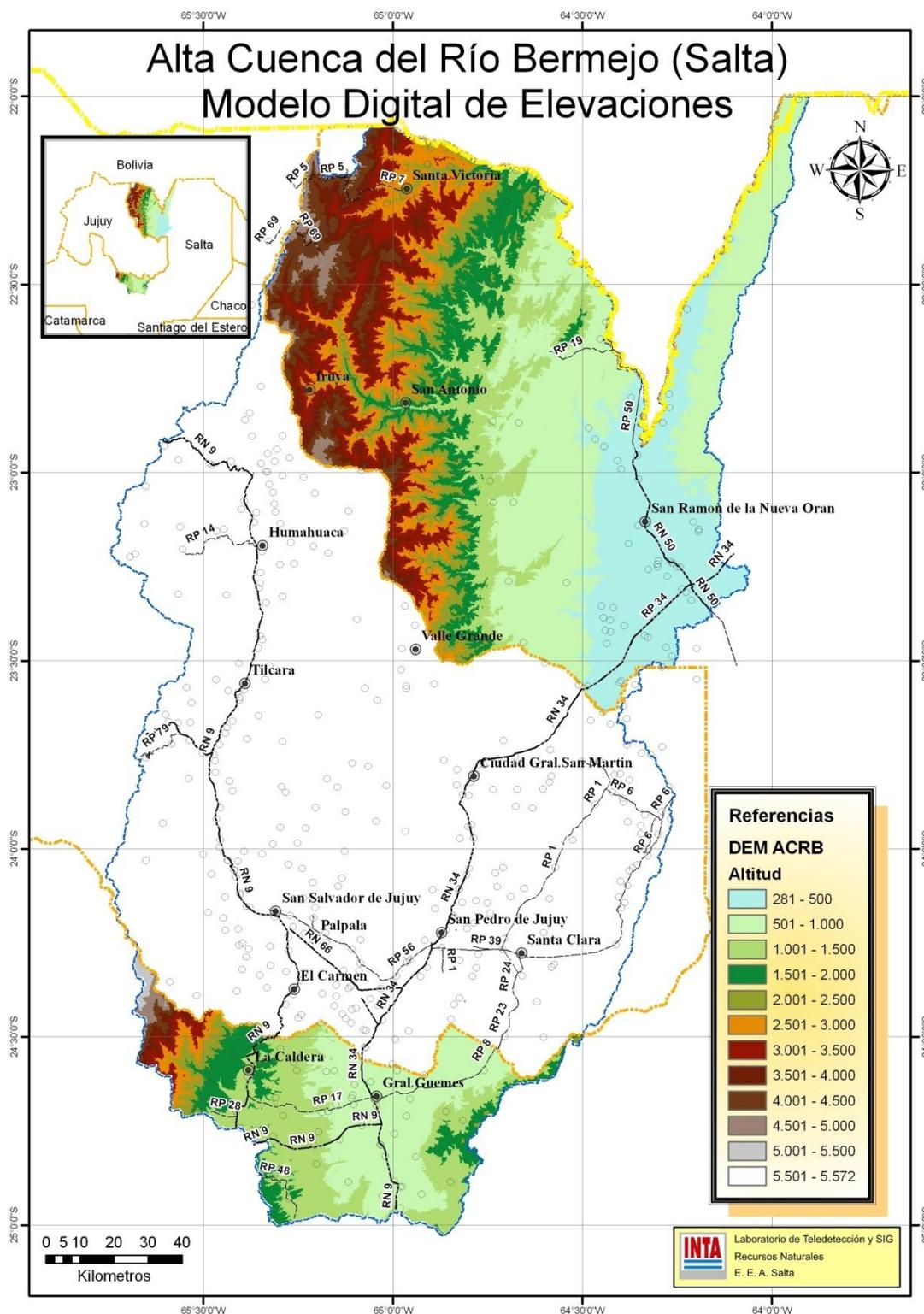
**Figura 12.** Mapa de Precipitaciones (ACRB - Salta).



Fuente: Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2005.

En Febrero del 2000 la NASA lanzó la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) para generar un Modelo Digital de Elevación (MDE o DEM, siglas en inglés de Digital Elevation Model) global, mediante interferometría de RADAR desde el espacio. Los datos SRTM tienen una precisión vertical entre 6 a 16 metros y una resolución espacial de 30 para E.E.U.U. y de 90 metros para el resto del globo terraqueo. A partir de los datos SRTM, el Laboratorio de Teledetección y SIG de la EEA Salta del INTA ha generado los mapas de altitud para el Noroeste Argentino. Un MDE es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, 1994 citado por Elena H. y Cabral C., 2005). **(Figura 13 y Anexo 7).**

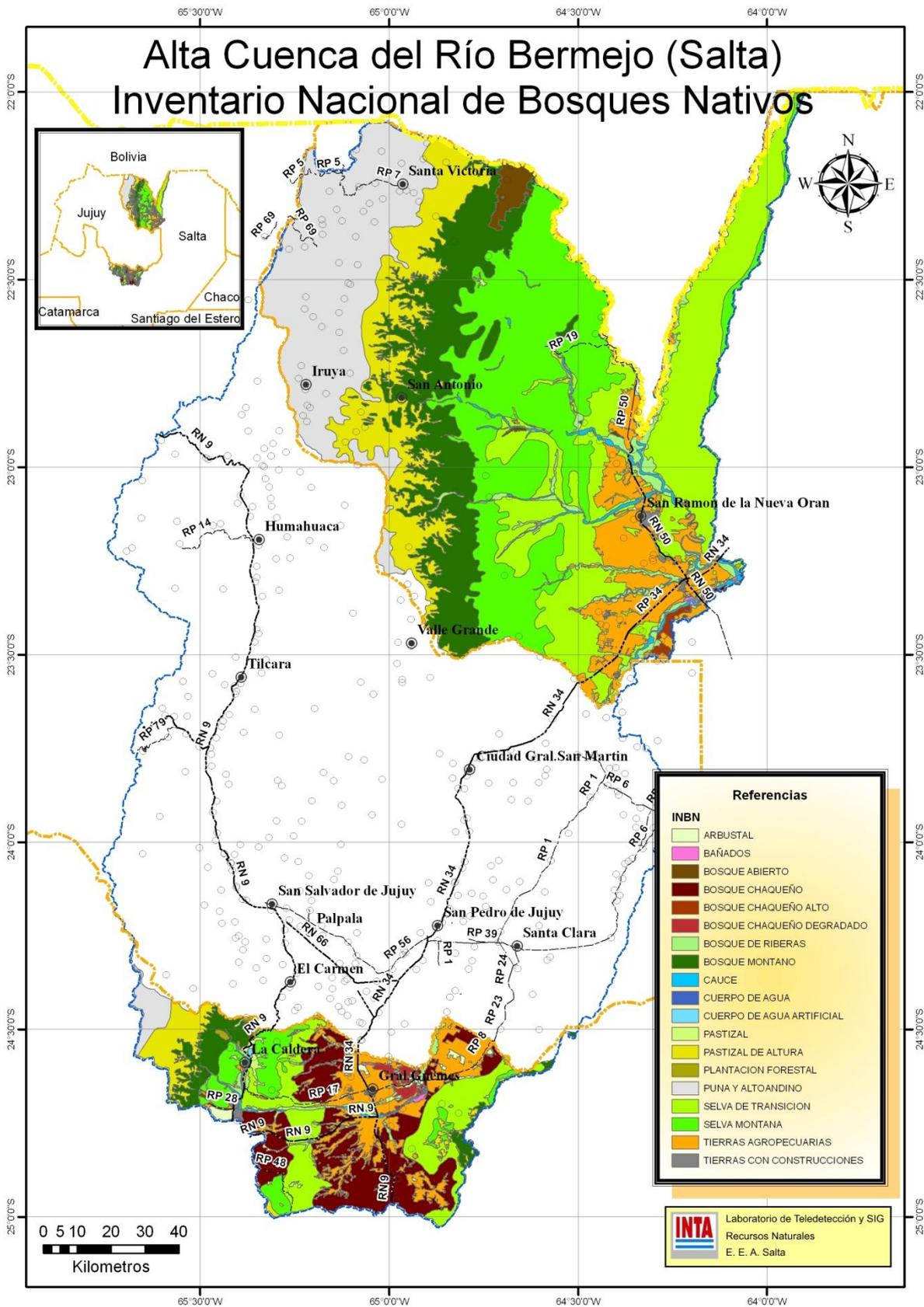
**Figura 13.** Modelo Digital de Elevaciones (ACRB - Salta).



Fuente: Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2005.

Mapa de "Cartografía y Superficie de Bosque Nativo en Argentina", actualizado en el Laboratorio de Teledetección y S.I.G. de la E.E.A. SALTA INTA CERRILLOS (2006). (Figura 14 y Anexo 2).

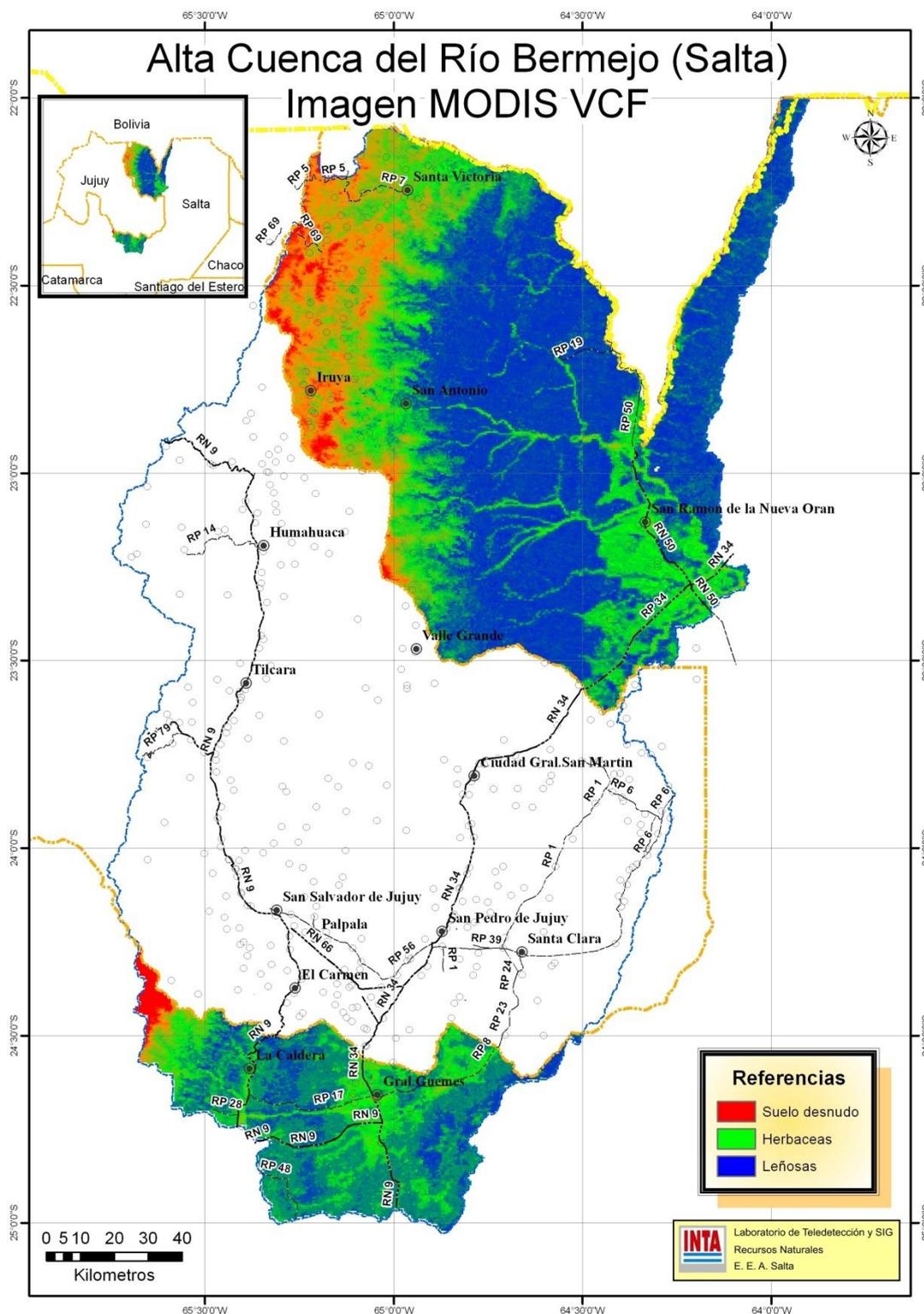
**Figura 14.** Cartografía y Superficie de Bosque Nativo en Argentina (ACRB - Salta).



Fuente: Adaptado de Laboratorio de Teledetección y SIG de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos, 2006.

Imágenes correspondientes a los “Campos Continuos de Vegetación” (CCV o VCF, siglas en inglés de Vegetations Continuous Fields). Contiene estimaciones de las proporciones de cada tipo de cobertura: vegetación leñosa, vegetación herbácea y suelo desnudo. El producto se obtiene a partir de las siete bandas de la MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor a bordo del satélite Terra de la NASA. Mientras que los sistemas de clasificación tradicionales indican donde están concentrados los tipos de cobertura, el producto VCF es ideal para mostrar cuanto de la cobertura corresponde a "bosques" o "pastos" o “suelos desnudos” en cualquier parte de una superficie terrestre (Hansen, M: et. al. 2006). (Figura 15 y Anexo 9).

**Figura 15.** Imagen MODIS VCF (ACRB - Salta).



Fuente: Adaptado de Hansen, M et al, 2006.

## 5.2. Software Utilizado

- Erdas Imagine v. 9.1 bajo licencia Leica Geosystems
- ArcGis v. 9.3 bajo licencia Golden ESRI

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Determinación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

#### 6.1.1. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Potencial

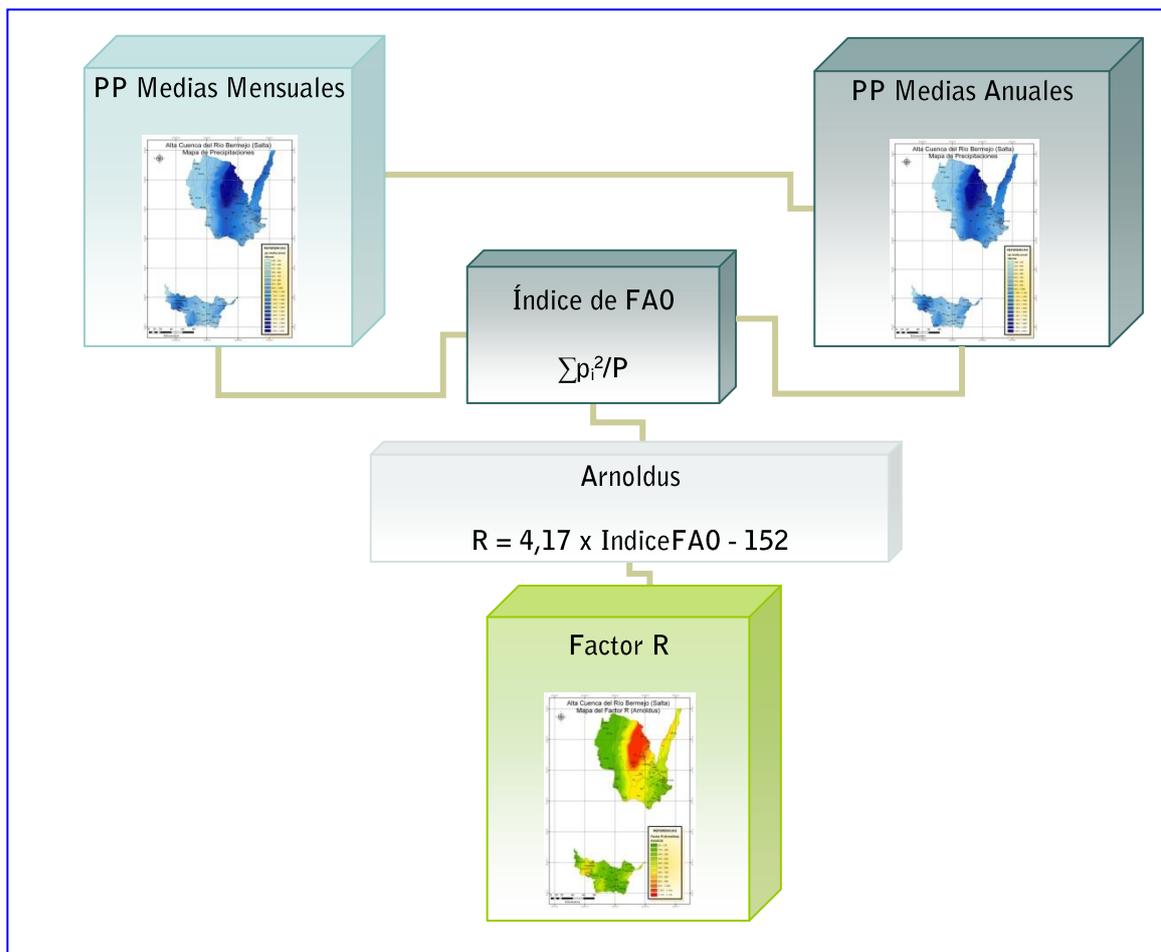
A continuación se describe la metodología seguida para la obtención de cada uno de los factores necesarios para el cálculo de la Erosión Potencial.

##### 6.1.1.1. Factor R

Para la capa temática del Factor R se utilizó el Mapa de Digital de Precipitación Media Anual del NOA (Bianchi, A. R. y Volante, J. N., 2005). Cartografía digital realizada por interpolación de las isolíneas del Mapa Digital de Isohietas Anuales del NOA.

Con la fórmula de Arnoldus (1978), se obtuvieron imágenes raster con los valores del Factor R. (**Figura 16 y Mapa 1**).

**Figura 16.** Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor R.



### 6.1.1.2. Factor K

Para la capa temática del Factor K se utilizó el mapa digitalizado del estudio “Los Suelos del NOA” (Nadir y Chafatinos, 1995) a escala 1:500.000 en formato vector. Se definió las asociaciones de suelos presentes en el área de estudio (**Anexo 11**) y se generó una base de datos con la descripción morfológica de los primeros horizontes utilizando los datos obtenidos por estos autores.

Para los suelos que no poseían los datos suficientes para el cálculo de este factor, se utilizaron los datos de suelos con características similares. Para la elección de éstos (en este orden de importancia) se tuvo en cuenta la clasificación taxonómica de USDA, material original y clasificación taxonómica de FAO; también se consideró la proximidad al suelo sin análisis de laboratorio (por la influencia de los factores formadores). Sólo en el caso particular del suelo Río Jordán se tomó el análisis de laboratorio del suelo El Sevingual debido únicamente a la cercanía a ésta asociación (**Tabla 12**).

Se trabajó con las series de suelos dominantes (**Tabla 14**) y en el caso de las asociaciones con dos o más series dominantes se utilizaron el promedio como valor final de éste factor.

Tabla 12. Suelos sin análisis de laboratorio.

Suelos sin análisis de laboratorio	Suelo con la misma clasificación taxonómica
Alisar – Cedral	Corral de Piedras
El candado - San Antonio	Peña Colorada
Junta de San Antonio	El Pantanillo (FAO)
La Cantera	Quebrada de los Jarros
Los Toldos	La Trampa
Quijarro	San José
Pichanal	El Piquete
San Agustín	Zanja del Tigre (FAO)
Tabacal	La Cruz (FAO)
Cañani	San José
Abra de Caña	Sevingual
Río Jordán	San José

(FAO) Clasificación Taxonómica de FAO. El resto de los suelos fueron clasificados con USDA.

Se obtuvo todos los datos (materia orgánica, estructura, permeabilidad y textura), a excepción de los datos de arena muy fina, ya que sólo se cuenta con los de arena, por lo que para su determinación se realizó una aproximación en base a su contenido. Se consideró que el 10% de arena total corresponde a arena muy fina.

Para obtener la clase de permeabilidad se utilizó como guía el triángulo textural, que separa la permeabilidad según el tipo de textura, **Figura 7** (TRAGSA, 1998).

De la misma manera en los casos que no se disponía de datos de M. O. se multiplicó el valor de Carbono Orgánico por 1,724.

Se calcularon los valores del factor K mediante la ecuación de la 2ª aproximación de Wischmeier (**Tabla 14**). Luego estos fueron corroborados con el nomograma (**Figura 8**).

Para las áreas con afloramientos se utilizó valores de K basados en estudios y experiencias agrupados en litofacies semejantes.

**Tabla 13.** Valores del factor K según Material Original.

<b>Tipos de rocas formadoras del sustrato superficial o litofacias</b>	<b>Rango del factor K (Mín. – Máx.)</b>
Rocas correspondientes al estrato cristalino (granito, gneis,...) y rocas basálticas.	0,05 –0,15
Rocas silíceas compactas (metamórficas, areniscas duras, cuarcitas, ...)	0,10 –0,25
Rocas sedimentarias bien consolidadas (calizas duras, dolomías, calcarenitas, ...)	0,20 –0,40
Rocas sedimentarias blandas (margas, yesos, formaciones flysh, calizas poco consolidadas, areniscas disgregables, ...)	0,40 –0,60
Rocas cuaternarias (depósitos recientes)	0,40 –1,00

Fuente: García Rodríguez J. L., 2006.

Según la descripción de Nadir y Chafatinos, en la mayoría de los casos, la Roca Madre de los afloramientos presentes en el área de estudio corresponden a rocas sedimentarias consolidadas. En base a esta descripción se asignó un valor promedio del factor K de 0,3.

**Tabla 14.** Valores del factor K para las series de suelos dominante (ACRB - Salta).

<b>SUELO</b>	<b>Amf</b>	<b>a</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>MO</b>	<b>M</b>	<b>Factor K</b>
Abra de Caña Ac (Sev)	4,2	21	36,6	37,8	4	4	5,55	3206,88	0,29
Abra Grande Agr	4,92	21	30	44,28	4	4	2,76	2765,66	0,33
Alisar Ai (Cpi)	6,16	15	23,2	55,44	3	4	0,98	2489,73	0,31
Bermejo Be	6,8	7,2	24,8	61,2	3	4	4,50	2932,48	0,27
Betania Bt	1,3	34	53,5	11,7	5	4	1,45	3644,20	0,48
Caimancito Cai	4,73	9,3	43,4	42,57	4	4	1,98	4365,39	0,50
Cañani Cñ (Sj)	8,77	3	9,3	78,93	1	4	0,83	1752,79	0,17
Cedral Ce (Cpi)	6,16	15	23,2	55,44	3	4	0,98	2489,73	0,31
Cobos Cb	5,23	14	33,7	47,07	4	4	1,78	3347,98	0,41
Corral De Piedra Cpi	6,16	15	23,2	55,44	3	4	0,98	2489,73	0,31
El Candado Eca (Pc)	4,42	11	44,8	39,78	4	4	0,00	4380,58	0,58
El Milagro El	5,85	4,7	36,8	52,65	3	4	1,71	4064,55	0,45
El Paño Ep	2,18	17	61	19,62	4	4	4,64	5231,30	0,46
El Rey Ere	3,58	24	40	32,22	4	4	5,45	3303,36	0,30
Güemes Gu	1,78	27	54,9	16,02	5	4	2,69	4120,64	0,48

Juntas De San Antonio Jsa (Ei)	4,12	10	48,6	37,08	4	4	0,83	4734,26	0,59
La Cantera Lct (Qrr)	3,61	12	52,4	32,45	4	4	8,24	4960,07	0,28
La Cruz Lcr	2,56	10	64,4	23,04	4	4	4,62	6026,40	0,52
La Quesera Lq	3,16	16	52	28,44	4	4	7,99	4611,38	0,28
La Quesera Chica Lqc	7,26	8,4	19	65,34	3	4	2,25	2405,42	0,27
La Trampa Lt	8,17	4,2	14,1	73,53	2	4	1,69	2133,47	0,23
La Troja Ltr	4,72	11	42	42,48	4	4	5,67	4167,42	0,35
Lavayén Ly	0,46	22	73	4,14	5	4	3,95	5700,50	0,57
Los Matos Lmt	3,82	14	47,4	34,38	4	4	2,76	4384,43	0,47
Los Toldos Lto (Lt)	8,17	4,2	14,1	73,53	2	4	1,69	2133,47	0,23
Lumbreras Lum	4,22	32	25,4	37,98	5	4	1,60	2002,31	0,31
Madrejonas 2 M2	3,63	18	45,5	32,67	4	4	6,83	4018,83	0,30
Mojotoro Mj	4,8	8	44	43,2	4	4	1,52	4489,60	0,53
Oran Or	5,36	11	35,9	48,24	4	4	1,31	3692,77	0,45
Peña Colorada Pc	4,42	11	44,8	39,78	4	4	0,00	4380,58	0,58
Pichanal Pch (Epi)	4,4	14	42,2	39,6	4	4	1,12	4016,92	0,50
Quijano Qj	8,2	14	4	73,8	3	4	2,69	1049,20	0,15
Quijarro Qo (Sj)	8,77	3	9,3	78,93	1	4	0,83	1752,79	0,17
Quisto Qui	7,6	0	24	68,4	3	4	1,28	3160,00	0,37
Rio Colorado Rc	5,92	1,3	39,5	53,28	3	4	2,67	4482,95	0,45
Rio Jordán Rj (Sj)	8,77	3	9,3	78,93	1	4	0,83	1752,79	0,17
Saladillo Sd	1,83	13	69	16,47	4	4	2,47	6183,46	0,66
San Agustín Sag (Zt)	5,55	9,5	35	49,95	3	4	1,22	3669,78	0,42
San Alejo Saj	3,26	36	31,8	29,34	5	4	2,24	2257,86	0,32
San Antonio Sat (Pc)	4,42	11	44,8	39,78	4	4	0,00	4380,58	0,58
San Telmo St	1,65	22	61,2	14,85	5	4	4,15	4883,45	0,49

Sancha Sch	4,12	15	43,6	37,08	4	4	2,56	4046,66	0,45
Saucelito Sau	1,25	62	25,1	11,25	6	4	4,98	990,76	0,23
San Lorenzo Sl	2,28	21	56	20,52	4	4	4,47	4592,46	0,42
Tabacal Ta (Lcr)	2,56	10	64,4	23,04	4	4	4,62	6026,40	0,52
Talar Tar	1,85	4	77,5	16,65	4	4	6,62	7617,60	0,50
Urundel Ur	2,3	32	45,2	20,7	5	4	2,34	3239,50	0,41
Vaqueros Va	3,35	21	45,9	30,15	4	4	1,21	3910,45	0,48
Víbora Atada Vb	3,63	18	45,5	32,67	4	4	3,67	4018,83	0,41
Yacoraite Yac	5,63	22	22	50,67	4	4	0,34	2163,43	0,32
Yuchán Yu	4	20	39,8	36	4	4	1,86	3495,24	0,42
Zanja Del Tigre Zt	5,55	9,5	35	49,95	3	4	1,22	3669,78	0,42
Zapallar Za	2,86	52	19,8	25,74	6	4	10,2	1096,74	0,19
Zenta Zn	4,57	7,2	47,1	41,13	4	4	5,38	4794,98	0,40
Afloramiento La Poma									0,30
Afloramiento La Poma - Nazareno									0,30
Afloramiento Nazareno									0,30

**Amf:** Arena muy fina

**a:** arcilla

**L:** Limo

**A:** Arena

**P:** Permeabilidad

**E:** Estructura

**MO:** Materia Orgánica

**M:** Coeficiente

Nota: entre paréntesis figuran las iniciales de los suelos de los cuales se extrajo los análisis de laboratorio para el cálculo del factor K.

A través del software ArcGis v. 9.3 (Golden ESRI), se unió los valores obtenidos de erodabilidad de cada suelo al mapa de "Los Suelos del NOA". Finalmente se transformó el vector en imagen raster (**Mapa 2 y Anexo 12**).

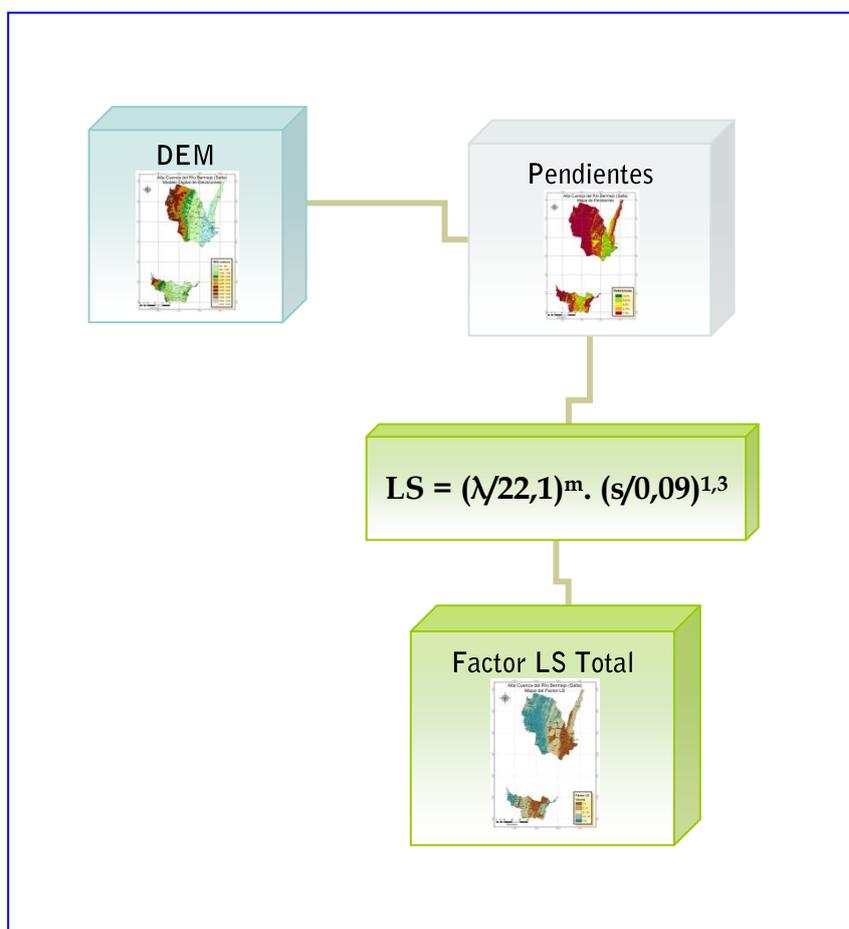
### 6.1.1.3. Factor LS

Se utilizó el Modelo Digital de Elevaciones (DEM por sus sigla en inglés) del Noroeste Argentino (Elena H., Cabral C., 2005) para obtener un mapa de pendientes (en porcentajes). (**Anexo 7**).

A través de máscaras se logró obtener rasters por rangos de pendientes (0-1, 1-3, 3-5, 5-20 y mayores que 20%), a los se les asigno los valores de los Factores L y S utilizando la fórmula propuesta por Wischmeier. Finalmente, se generó un mosaico con los rasters para obtener el mapa del factor LS Total.

Para la longitud de la pendiente se utilizó el valor propuesto por Foster e t. Al., 1996 (Citado por Lim, K. J. et. al., 2005), que experimentalmente determinó que en condiciones naturales, el flujo laminar de agua en laderas se concentra en surcos en menos de una longitud de 122 m (400 pies). En la **Figura 17** se presenta un diagrama de rasters generados para la obtención del mapa para estos factores (**Mapa 3**).

**Figura 17.** Diagrama de imágenes generadas para obtener los Factores L y S.



### 6.1.2. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Actual

Esta determinación brinda una visión o escenario promedio del área de estudio, considerando la cobertura con vegetación natural actual y el uso actual de las áreas desmontadas.

A continuación se describe la metodología seguida para la obtención de cada uno de los factores necesarios para el cálculo de la Erosión Actual.

### 6.1.2.1. Factor R, K, L y S

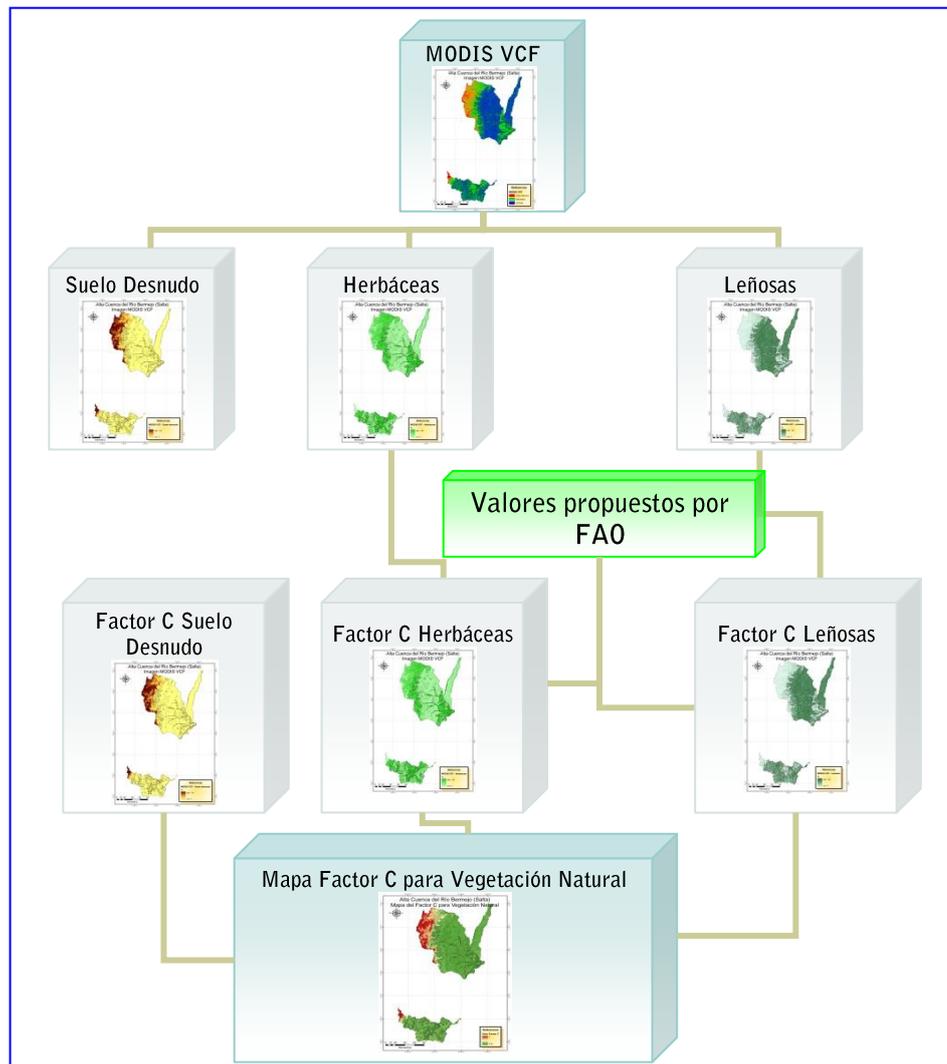
Se utilizaron los mismos valores obtenidos para la determinación de la Erosión Potencial (ver **Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión potencial**)

### 6.1.2.2. Factor CP

Para la obtención del mapa de los factores CP se generó un raster para áreas agrícolas y otro para vegetación natural, luego se armó un mosaico para la obtención del mapa final del Factor C (**Mapa 4**). Cabe aclarar que para la cobertura natural se usó una imagen del año 2001 a la que se incorporó una máscara de áreas cultivadas obtenida del mapa de Cartografía y Superficie de Bosque Nativo en Argentina del año 2006; se consideró que la variación de la vegetación natural en ese periodo fue insignificante.

Para el Factor C de vegetación natural se utilizó imágenes correspondientes a los “Campos Continuos de Vegetación” (**Figura 15**). De ésta se obtuvieron imágenes con porcentajes de suelo desnudo, vegetación herbácea y vegetación leñosa. A través de máscaras, de cada una, se lograron rasters con distintos porcentajes de coberturas (0-1, 1-20, 20-40, 60-80, 80-100%) y a los que finalmente se les asignó los valores C ponderados en función de los valores propuestos por FAO para vegetación natural (**Tabla 11**) y al porcentaje de cobertura en cada píxel. Se utilizaron los valores de “Bosque con buen sotobosque” para las leñosas y los de “Praderas y pastizales” para las herbáceas. En la **Figura 18** se presenta un diagrama de rasters generados para la obtención del factor C para Vegetación Natural.

**Figura 18.** Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor C para Vegetación Natural.

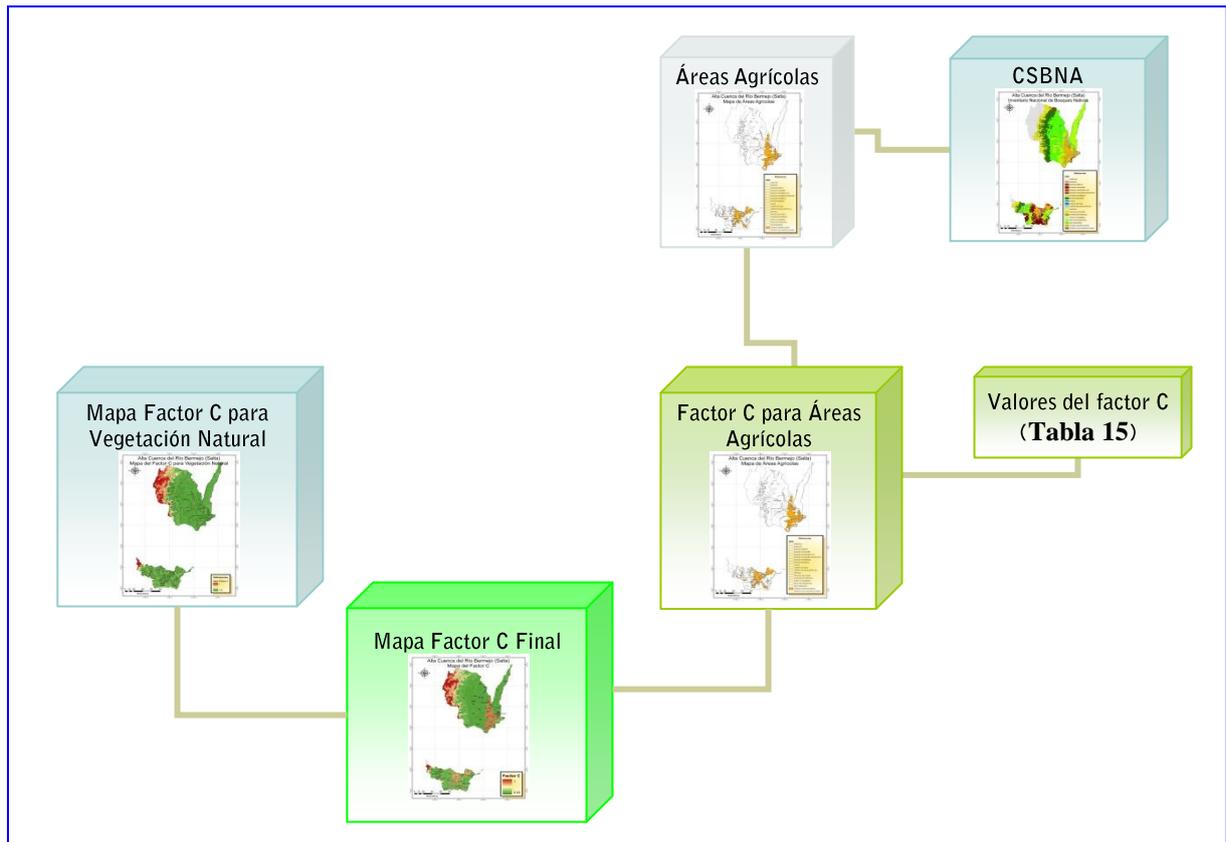


Para áreas agrícolas se extrajeron superficies cultivadas del Mapa de “Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina” (CSBNA), actualizado en el Laboratorio de Teledetección y S.I.G. de la E.E.A. Salta INTA CERRILLOS (2006) y luego se asignó valores de los factores de cobertura (C) y de prácticas (P) en función del cultivo y práctica más representativo del uso actual de la tierra según la región agro-económica (Bravo et al, 2005) (**Figura 10** y **Figura 19**). En la siguiente tabla se observan los valores utilizados:

**Tabla 15.** Valores del Factor CP para áreas agrícolas.

<b>Región Agro-económica</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Factor CP</b>	<b>Fuente</b>
Umbral al Chaco con producción extensiva a secano	Soja-Maíz en Siembra Directa, sin prácticas de Conservación	0,15	Zabala E., Marelli H. y Sanabria J., 2003
Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia	Banano-Cítricos	0,40	Parent G., Trencía j. y Vallejo R. S., 2001
	Caña de Azúcar		Osinaga, R. 2009
	Hortalizas		
Valles de producción Intensiva	Caña de Azúcar	0,35	Parent G., Trencía j. y Vallejo R. S., 2001
	Tabaco		Ménez M. M., 2005
Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales	No se consideró las áreas forestadas ya que la superficie inventariada en el mapa del Cartografía y Superficies de Bosque Nativo en Argentina del año 2006 es ínfima.		-

**Figura 19.** Diagrama de imágenes generadas para obtener el Factor C para Áreas Agrícolas y Factor C Final.

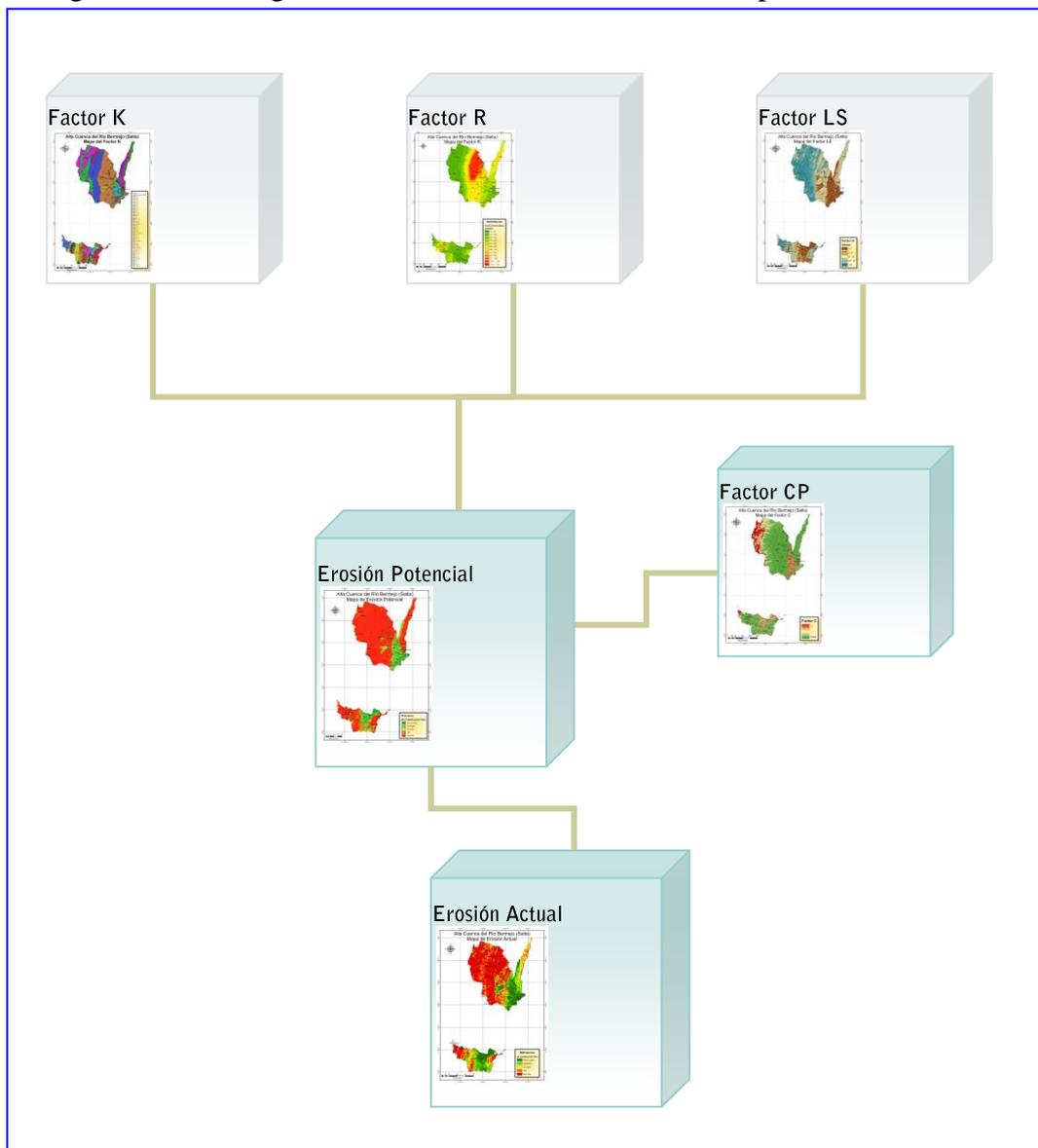


## 6.2. Integración de los factores obtenidos

Mediante el software Arc Gis se realizó el producto de los distintos factores de la USLE y la superposición de capas o raster (mapas) (**Figura 20**) correspondientes, a fin de obtener la Erosión Hídrica Potencial (**Mapa 5**) y Actual (**Mapa 6**).

De los raster de Erosión Potencial y Actual obtenidos se extrajo la información en formato data base (dbf) para ser procesado en gabinete.

**Figura 20.** Diagrama de la integración de los factores de las U.S.L.E. para la obtención de la EP y EA.



### 6.3. Simulación para escenarios alternativos de usos de suelos y prácticas para áreas Agrícolas y Forestales según Región Agroeconómica

Esta determinación tiene por objeto plantear distintos escenarios de uso y manejo de los suelos y que permita para cada unidad cartográfica conocer la susceptibilidad a la erosión y poder así planificar las rotaciones y sistematización que mejor se adecuen a cada situación para un manejo sustentable.

#### 6.3.1. Determinación de los factores para el cálculo de la Erosión Actual para escenarios alternativos

##### 6.3.1.1. Factor R, K, L y S

La metodología para la obtención de los factores para el cálculo de la Erosión Potencial (K, R, L y S) es la misma que se describió en el capítulo “**Determinación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida del suelo**”. Solo para la obtención del factor LS, además de la longitud de 122 mts, se consideraron longitudes de pendientes de 200, 300 y 500 mts en combinación con gradientes de pendientes de 0-0,5%; 0,5-2% y 2-5%.

### 6.3.1.2. Factor CP

La metodología para la obtención de los factores necesarios para el cálculo de la Erosión Actual (C y P) se describe a continuación.

Al área de estudio se la subdividió en regiones según las características Agroeconómicas y condiciones similares de uso y manejo de los suelos. Luego se asignaron los valores para los factores de cobertura (C) y de prácticas (P) de tal manera que estos sean los más adecuados para cada uso y manejo de suelo.

Se consideró superficies aptas para cultivo (pendientes menores al 5%) y superficies aptas para forestación (pendientes entre 5 y 15%). Para la separación en Regiones se utilizó el mapa de "Regiones Agroeconómicas del Noroeste argentino", publicado por la E.E.A. Salta INTA Cerrillos (Bravo et al, 2005.) (**Anexo 5**), donde se han delimitado las siguientes Regiones:

- 1- Chaco silvoganadero.
- 2- Chaco subhúmedo agrícola ganadero extensivo.
- 3- Chaco con riego.
- 4- Chaco ganadero.
- 5- Umbral al Chaco con cultivos de secano extensivos.
- 6- Sierras subandinas con ganadería y forestales.
- 7- Valles de producción intensiva.
- 8- Cultivos subtropicales y de primicia.
- 9- Llanura deprimida cañera.
- 10- Valles y Bolsones con oasis de riego y ganadería menor.
- 11- Sierras con ganadería extensiva.
- 12- Puna y altoandina con ganadería menor y camélidos.

Se tomó las Regiones 5, 7 y 8, donde se llevan a cabo actualmente una intensa actividad agrícola-ganadera y la 6 que presenta una gran parte de su superficie con aptitud para forestación.

Para la obtención del factor CP se generó mascarar para las Regiones Agroeconómicas, luego se consideró los principales cultivos en cada región para asignarle los valores.

La **Tabla 16** muestra las Regiones Agroeconómicas, los cultivos y valores del factor C considerados:

**Tabla 16.** Valores del Factor C.

Región Agro-económica	Cultivo	Factor C	Fuente
Umbral al Chaco con producción extensiva a secano	Soja-Maíz Laboreo Convencional	0,44	Zabala E., Marelli H. y Sanabria J., 2003
	Soja-Maíz en Siembra Directa	0,15	
Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia	Banano-Cítricos	0,3	Parent G., Trencia j. y Vallejo R. S., 2001
	Caña de Azúcar	0,2	
	Hortalizas	0,5	Osinaga, R. 2009
Valles de Producción Intensiva	Caña de Azúcar	0,2	Parent G., Trencia j. y Vallejo R. S., 2001
	Tabaco Laboreo Convencional	0,5	Ménez M. M., 2005
	Tabaco en Plantación Directa	0,15	Arzeno, L. y Osinaga, R. (comunicación personal, 2009)
Sierras Subandina con Ganadería y Forestales	Eucaliptus 1º año de implantación	0,16	Renard, et al. 1997
	Eucaliptus 8º año de implantación	0,006	Renard, et al. 1997

A continuación se presenta la **Tabla 17** con los valores para las diferentes prácticas de conservación.

**Tabla 17.** Valores del Factor P.

Práctica	Factor P	Fuente
Terrazas	0,2	Zabala E., Marelli H. y Sanabria J., 2003
Curvas de Nivel	0,6	
Sin Prácticas	1	Wischmeier W. y Smith, 1978

### 6.3.2. Integración de los factores obtenidos

Mediante el software Arc Gis se realizó el producto de los distintos factores de la USLE y la superposición de capas o raster (mapas) (**Figura 20**) correspondientes, a fin de obtener la Erosión Hídrica Potencial y Actual.

De los raster de Erosión Potencial y Actual obtenidos se extrajo la información en formato data base (dbf) para ser procesado en gabinete.

### 6.4. Peso de los factores que determinan la erosión potencial

Con el objetivo de encontrar que factor tiene más relevancia sobre el valor final de pérdida de suelo se determinó el peso de los factores. Para ello se realizó un análisis de correlación entre la erosión potencial y los factores R, K, L y S.

### 6.5. Observación a campo

Obtenido los valores de Erosión Hídrica Potencial y Actual, se llevó a cabo un recorrido por los lugares más representativos del área de estudio, como por ejemplo algunos sectores de la zona de Yungas y de las áreas de intensa actividad agrícola. Éste consistió en observaciones directa del ambiente, la cobertura, usos y manejo del suelo, con su posterior registro mediante cámaras digitales y Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

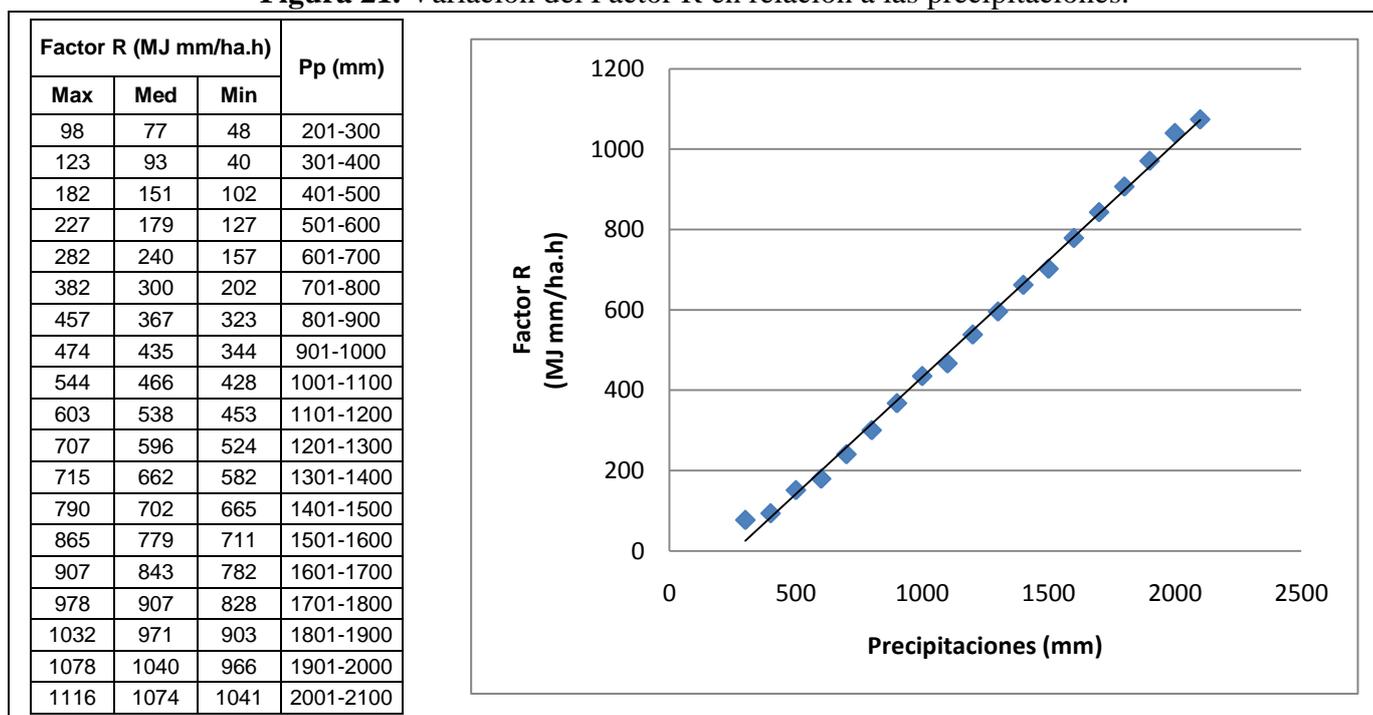
## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Factores de la U.S.L.E.

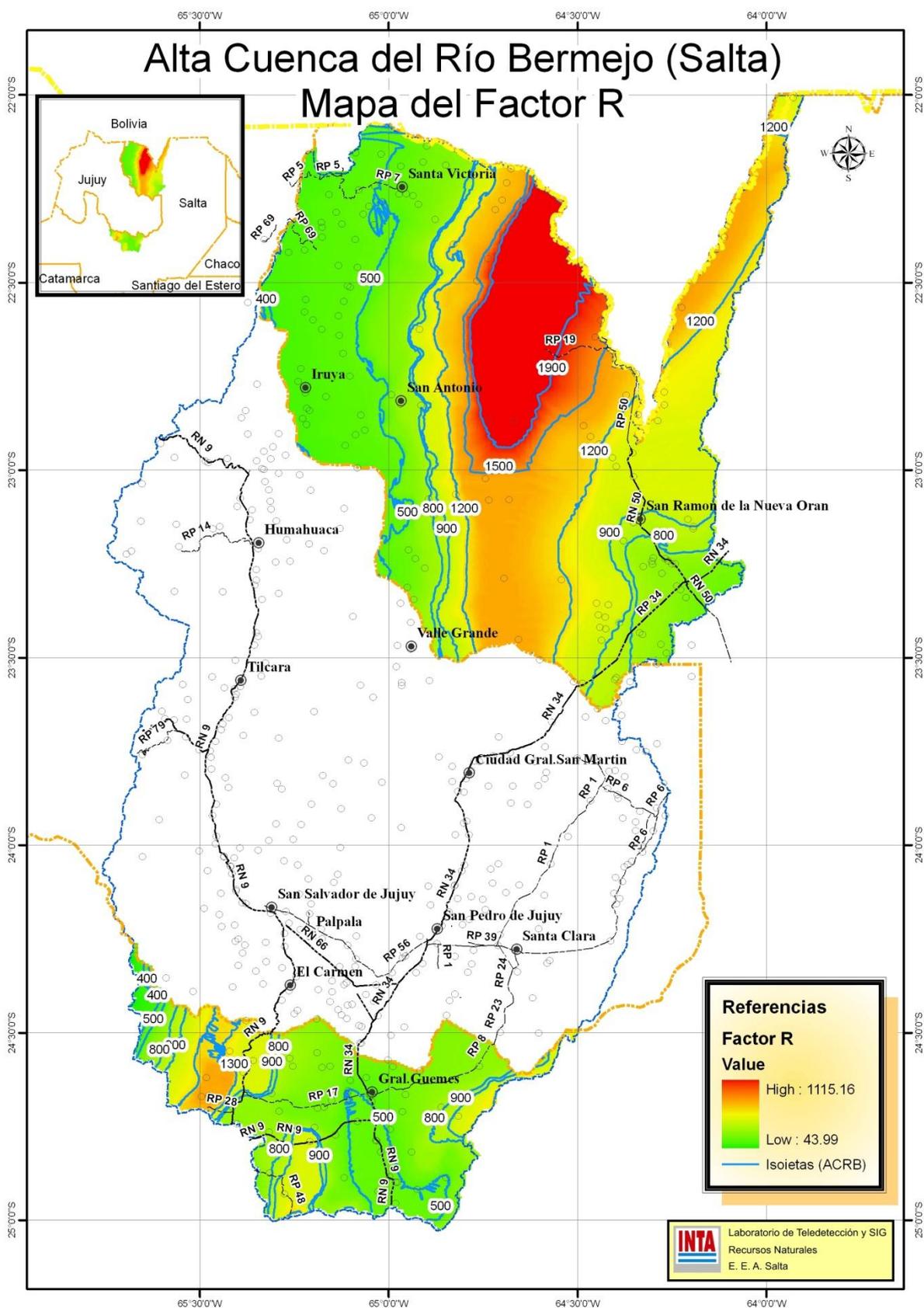
#### 7.1.1. Factor R

Éste factor varía entre 44, en las partes menos lluviosa, y 1115 MJ mm/ha.h en las áreas de mayor precipitación. La capacidad erosiva de las lluvias es mayor en los lugares donde los valores precipitación son elevadas y en la **Figura 21** se observa una relación lineal entre éstas variables.

**Figura 21.** Variación del Factor R en relación a las precipitaciones.



**Mapa 1.** Factor R para la ACRB en la provincia de Salta.



### 7.1.2. Factor K

A continuación se observa el mapa del Factor K obtenido para cada asociación de suelo presentes en la ACRB en la provincia de Salta. La **Tabla 14** muestra el valor de los parámetros y del factor K obtenido para cada suelo.

Con el objetivo de mostrar la variabilidad dentro del área de estudio se generó un mapa con el grado de erodabilidad de los suelos según los valores obtenidos del factor K (**Mapa 2** ver también **Anexo 12**). Para ello se utilizó la tabla propuesta por la Soil and Water Conservation Society que relaciona el grado de susceptibilidad de los suelos según el factor K y la textura de los mismos (**Tabla 18**).

**Tabla 18.** Grados de Susceptibilidad a la Erosión según rangos de K y textura.

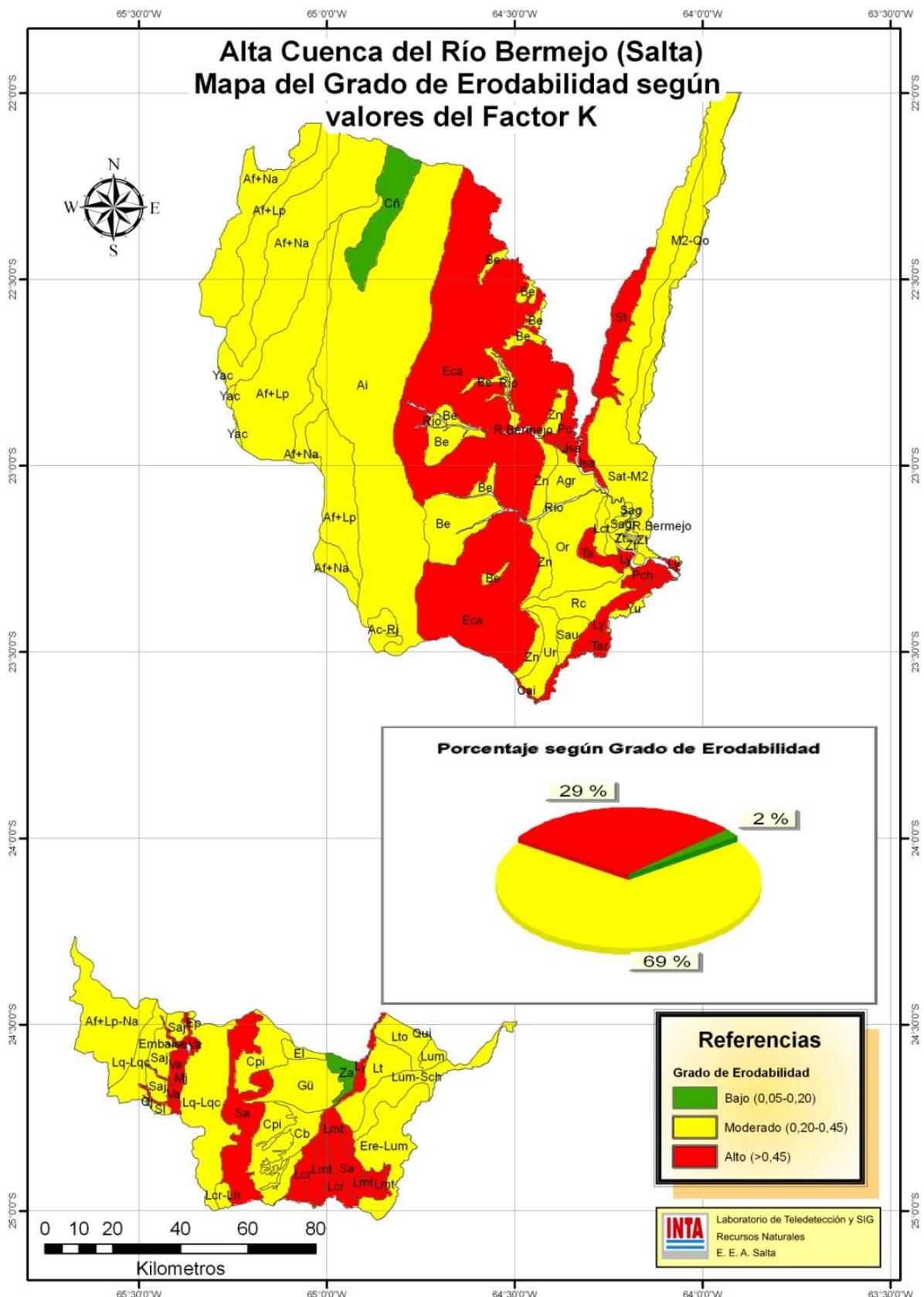
Textura	K	Grado	Motivo
Finas (alto cont. de arcilla)	0,05-0,15	Bajo	Resistencia al desprendimiento.
Gruesas (arenosos)	0,15-0,20	Bajo	Escaso escurrimiento.
Medias (francos)	0,20-0,45	Moderado	Moderada susceptibilidad al escurrimiento.
Limosas (alto cont. de limo)	0,45-0,65	Alto	Susceptibilidad a la erosión (encostramiento y alto escurrimiento).

Fuente: Soil and Water Conservation Society (1.995)

Se observa que un 29% de los suelos presentan un grado Alto (valor de K mayor a 0,45) lo que nos indica que la susceptibilidad a la erosión hídrica en ellos es alta por tratarse de suelos de textura limosa; estas facilitan el encostramiento de los mismos y el alto escurrimiento en superficie. Sólo un 2% de los suelos presenta grado Bajo de erodabilidad (valores de K entre 0,05 y 0,20) debido a la presencia de texturas finas o gruesas, por ende una baja susceptibilidad a la erosión hídrica. Esto se debe a que, por un lado, en los suelos de texturas finas (alto contenido de arcilla) presentan una resistencia al desprendimiento debido a que las partículas forman complejos arcillo-húmicos, por otro lado, en los de texturas gruesas (arenosas) el escurrimiento es escaso debido a la porosidad de los mismos.

El 69% de los suelos presentan grado Moderado (valores de K entre 0,20 y 0,45) lo que nos indica que son suelos francos, por lo tanto la erosión hídrica es moderada debido a que el escurrimiento también es moderado.

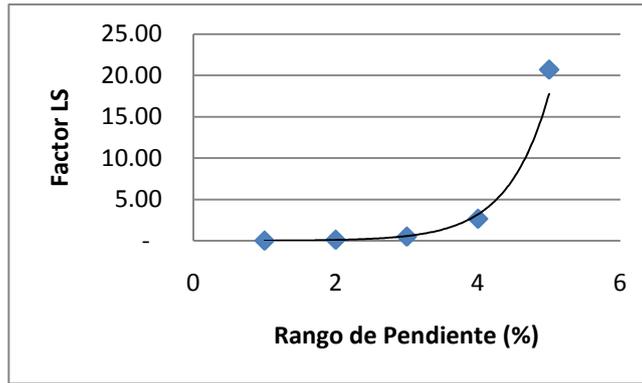
Mapa 2. Grado de Erodabilidad del Factor K.



### 7.1.3. Factor LS

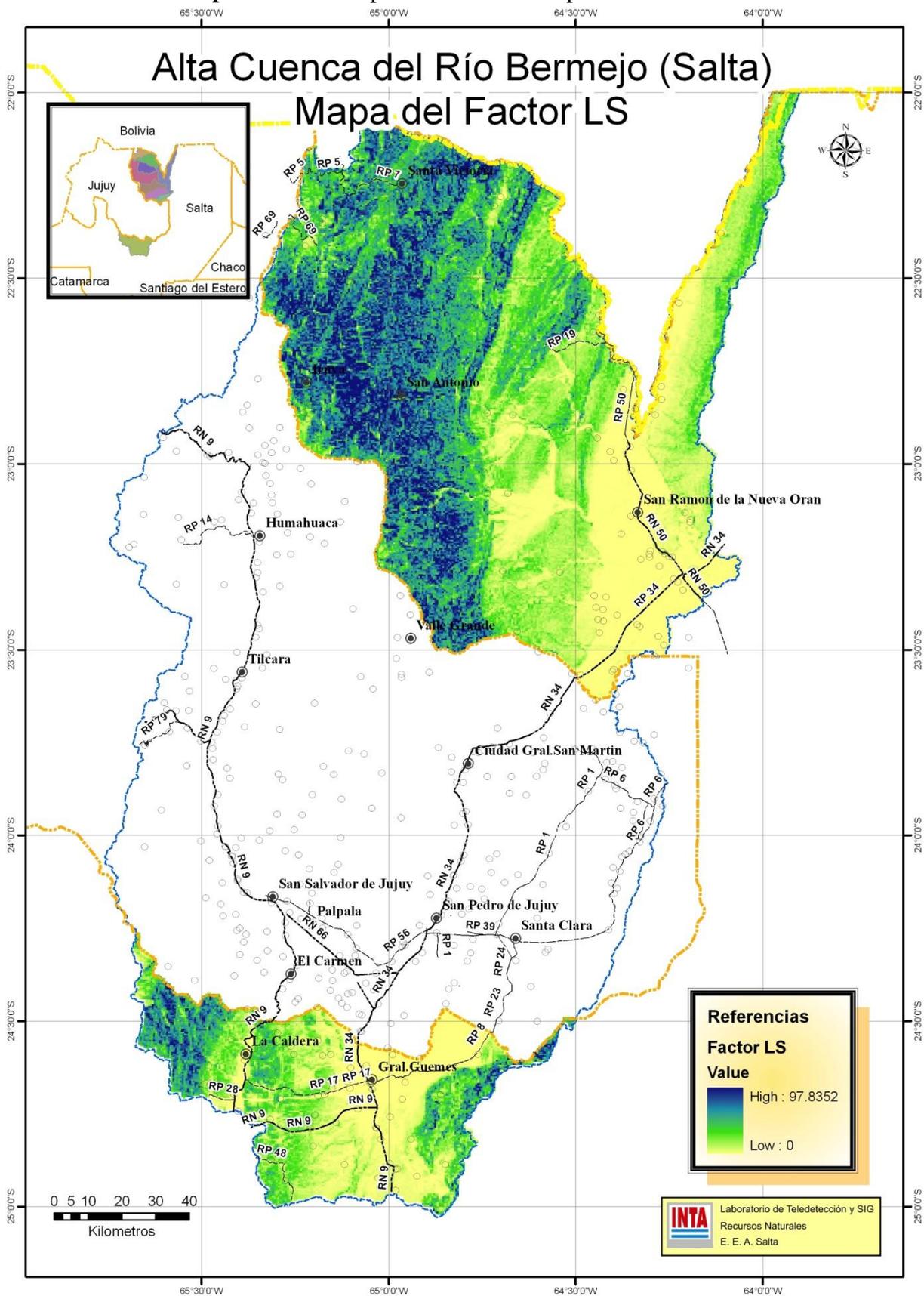
Éste factor varía entre 0, en zonas de menor pendiente, y 98 en las áreas más empinadas. Como se observa en la **Figura 22** el factor LS es mayor en los lugares de mayor pendiente y varía en forma exponencial en relación a ésta.

**Figura 22.** Variación del Factor LS en relación a la Pendiente.



VALORES	Rango de Pendiente (%)	Factor LS		
		MIN	MED	MAX
1	< 0,5	0,00	0,02	0,03
2	0,5 - 2	0,04	0,13	0,23
3	2 - 5	0,24	0,51	0,92
4	5 - 15	1,10	2,66	4,56
5	> 15	4,57	20,69	169,28

**Mapa 3. Factor LS para la ACRB en la provincia de Salta.**

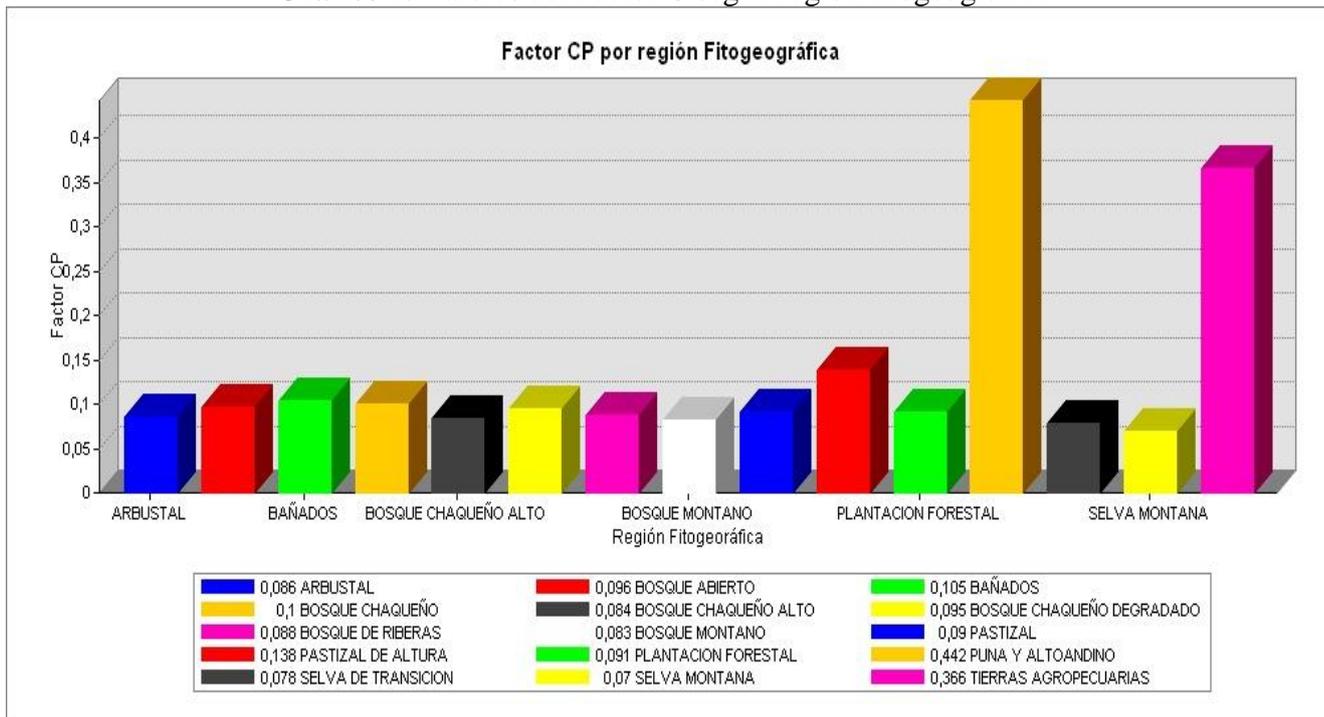


### 7.1.4. Factor CP

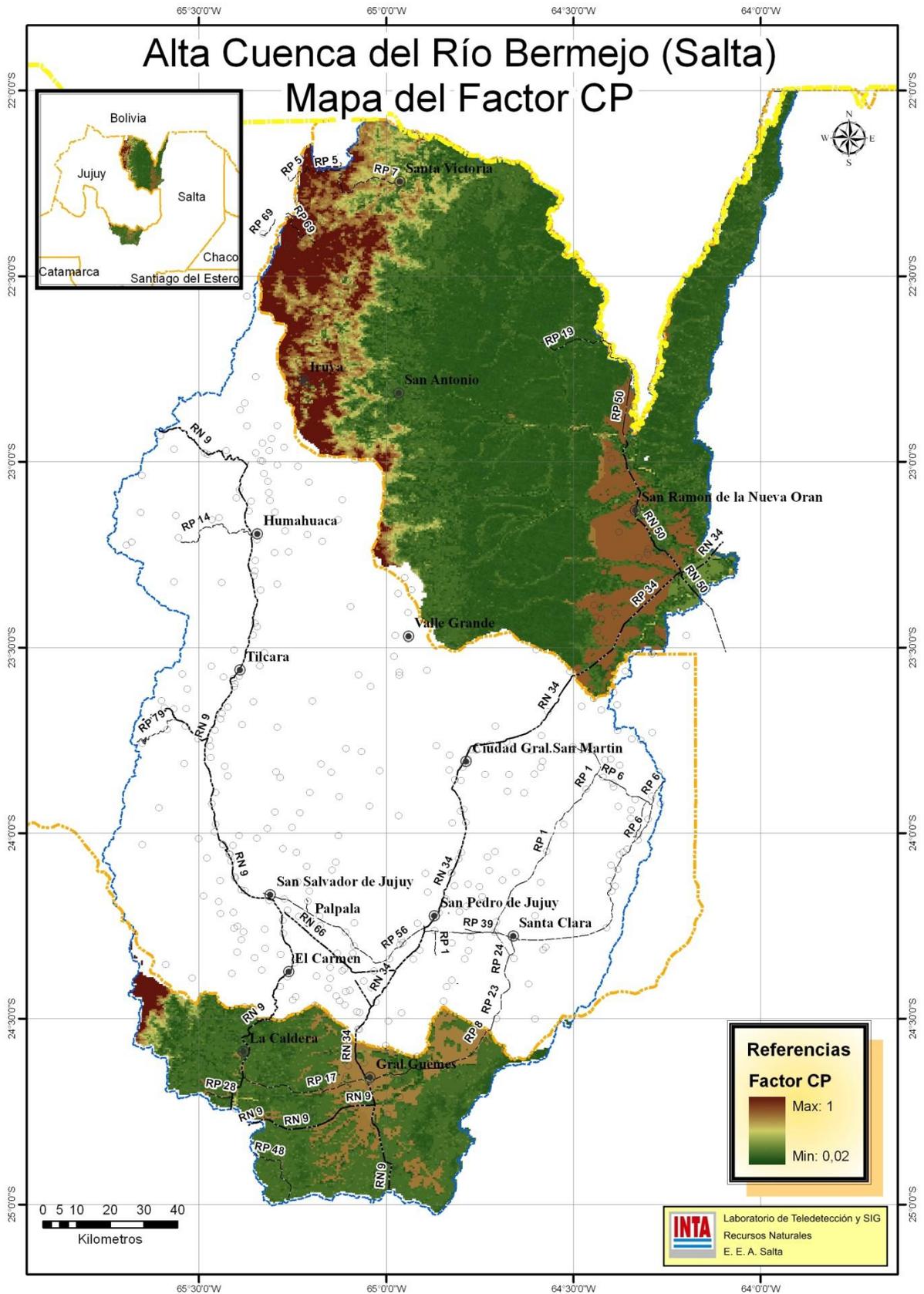
Los valores del factor CP varían de 0,02 a 1. Los valores más bajos se encuentran en la Selva Montana con un valor de 0,07, le siguen el Bosque Montano, la Selva de Transición y el Bosque Chaqueño Alto con 0,08; es decir que la mayor protección del suelo se debe a la densa cobertura presente. Los menores valores se encuentran en la región de Puna y Altoandino (0,44) por tratarse

de una región donde la vegetación natural no brinda protección y las tierras agropecuarias (0,37) por el tipo de cultivo y prácticas de conservación predominantes (**Gráfico 1**).

**Gráfico 1.** Valores del Factor C según región fitogeográfica.



**Mapa 4. Factor CP para la ACRB en la provincia de Salta.**



## 7.2. Integración de los Factores

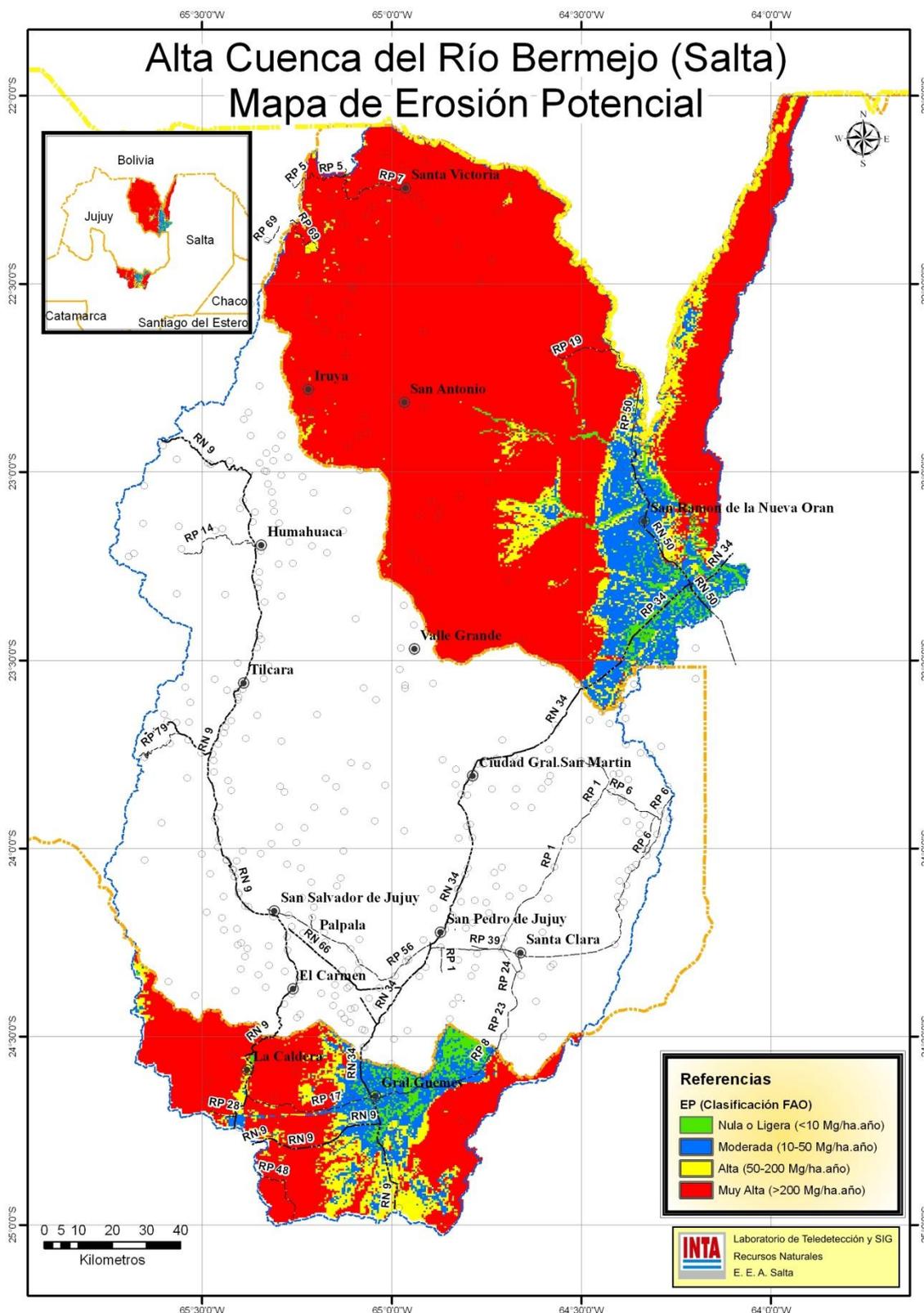
Como se mencionó, al integrar los factores se obtuvo la erosión potencial y actual. Ésta determinación brinda una visión general del área de estudio.

De los raster de Erosión Potencial y Actual obtenidos se extrajo la información en formato data base (dbf) para ser procesado en gabinete.

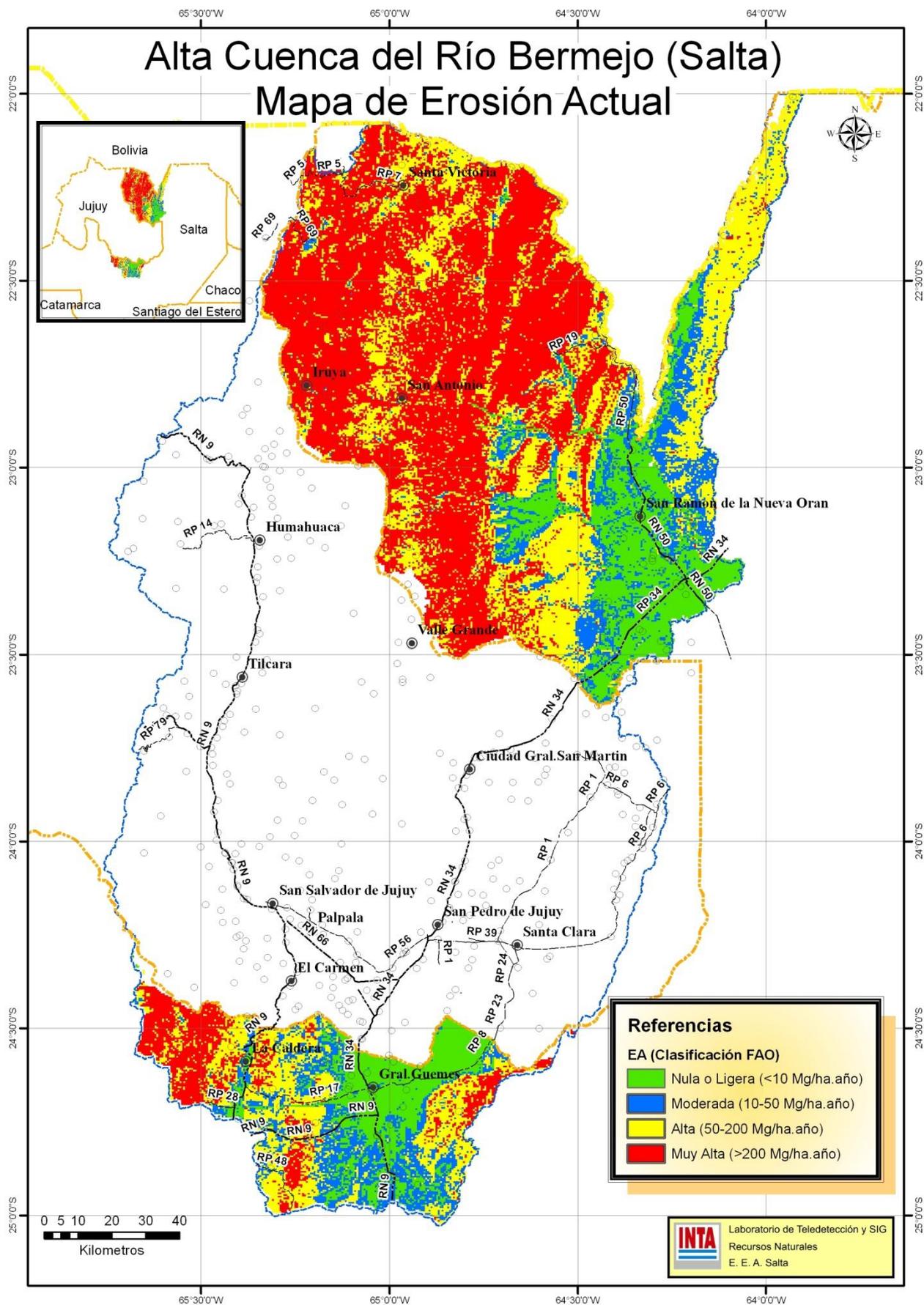
Para mostrar un panorama general, la información es presentada por subcuencas correspondientes a la ACRB en la provincia de Salta.

### 7.2.1. Erosión Potencial (EP) y Erosión Actual (EA)

Mapa 5. EP para la ACRB en la provincia de Salta



Mapa 6. EA para la ACRB en la provincia de Salta.



Como se explicó en la Metodología, para el análisis de los resultados se utilizó las Clases de Erosión propuestas por FAO y que son las siguientes:

**Tabla 19.** Tolerancias establecidas por FAO-PNUMA-UNESCO.

Clases de Erosión	Pérdida de Suelos (Mg/ha/año)
Nula a Ligera	menor a 10
Moderada	10 – 50
Alta	50 – 200
Muy Alta	mayor a 200

Fuente: FAO, 1980 en Mármol, L. A. 2006.

A continuación se muestran la susceptibilidad de los suelos a la erosión potencial (EP) y actual (EA) medida por subcuenca y por grado de pendiente. Se consideró pendientes menores al 5%, entre 5-15% y mayores a 15% (**Tabla 20** y **Gráfico 2**). Se presentan los valores de erosión (EP y EA) en diferentes colores: en color **verde** los valores de erosión Nula o Ligera, en **celeste** erosión Moderada, en **amarillo** erosión Alta y en **rojo** erosión Muy Alta.

La erosión disminuye a medida que el grado de la pendiente es menor. Se observa que, para pendientes menores a 5%, la subcuenca Los Toldos-Lipeo-Baritú presenta mayor susceptibilidad a la erosión hídrica (EP) y la subcuenca Condado mayor erosión hídrica actual (EA). En pendientes entre 5 y 15% la erosión es más importante en las subcuencas de Alisar-Porongal y en la de Los Toldos-Lipeo-Baritú en pendientes mayores al 15%

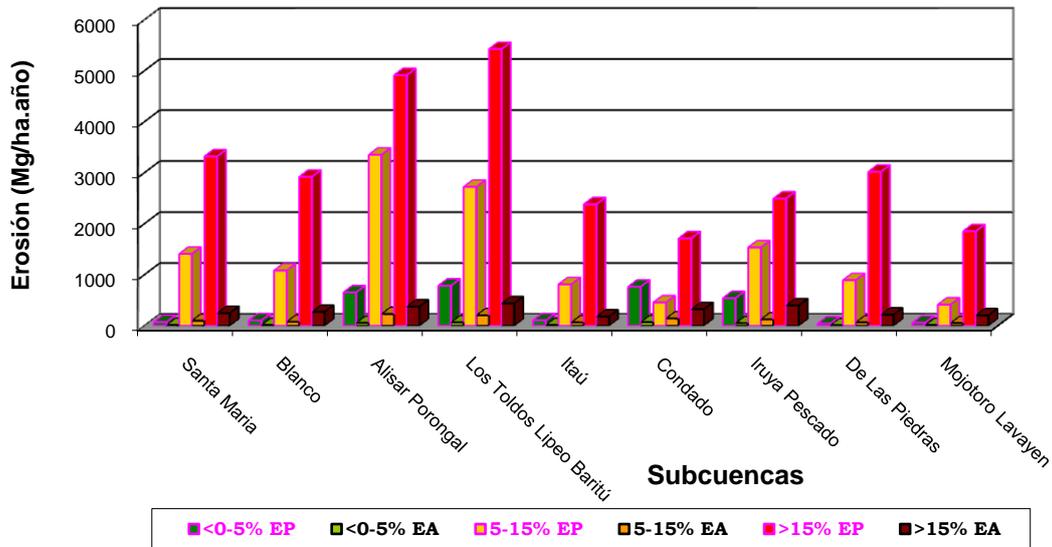
La superficie total de las subcuencas consideradas es de 1.803.175 ha, de las cuales 1.172.000 ha (65%) presentan una pendiente mayor al 15%. En algunos casos, como en las subcuencas Alisar-Porongal, Los Toldos-Lipeo-Baritú y Condado, un 90% o más de su superficie presenta pendientes mayores al 15% (**Tabla 21** y **Gráfico 3**).

En la **Tabla 22** se observan superficies (en ha y en %) con distintos grados de erosión actual (según la clasificación de la FAO) para la ACRB en la provincia de Salta y por subcuencas. La mayor parte de la superficie (44%) presenta erosión Muy Alta, y como es de esperar, en las subcuencas mencionadas en el párrafo anterior y en la de Alisar-Porongal el porcentaje de superficie con EA Muy Alta supera el 80%.

**Tabla 20.** Erosión Potencial y Actual (Mg/ha.año) en diferentes grados pendientes de las subcuencas pertenecientes a la ACRB en la provincia de Salta.

Subcuencas	Grado de Pendientes					
	0-5%		5-15%		>15%	
	EP	EA	EP	EA	EP	EA
Santa María	72	14	1408	98	3320	246
Blanco	103	11	1081	76	2920	271
Alisar Porongal	654	54	3352	230	4913	375
Los Toldos Lipeo Baritú	785	65	2722	203	5424	437
Itaú	106	14	810	62	2381	178
Condado	764	68	454	141	1713	321
Iruya Pescado	540	48	1533	123	2493	396
De Las Piedras	43	9	892	64	3018	215
Mojotoro Lavayén	59	11	412	49	1851	202

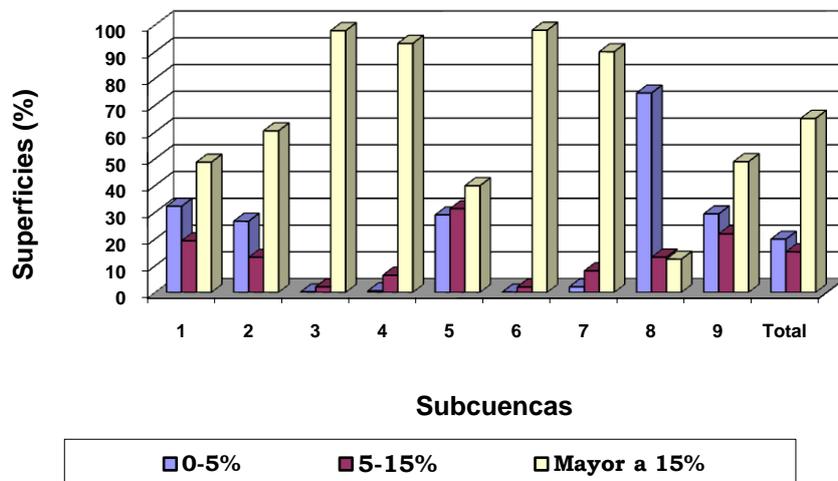
**Gráfico 2.** EP y EA en diferentes grados de pendientes de las subcuencas pertenecientes a la ACRB en la provincia de Salta.



**Tabla 21.** Superficies (en ha) por grado de pendientes y por subcuencas.

Subcuencas	ID	PENDIENTES			Total
		0-5%	5-15%	Mayor a 15%	
Santa María	1	46650	27925	70550	145125
Blanco	2	47775	23550	108500	179825
Alisar-Porongal	3	225	2875	136050	139150
Los Toldos-Lipeo-Baritú	4	875	9975	144850	155700
Itaú	5	76875	83075	105900	265850
Condado	6	75	2250	110525	112850
Iruya-Pescado	7	6750	26075	292225	325050
De Las Piedras	8	62900	11100	10450	84450
Mojotoro-Lavayen	9	115775	86450	192950	395175
<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>357900</b>	<b>273275</b>	<b>1172000</b>	<b>1803175</b>

**Gráfico 3.** Superficies (en %) por grado de pendiente y por subcuencas.



**Tabla 22.** Superficies de EA (según FAO) por subcuencas.

Subcuencas	Clasificación de FAO							
	Nula o Ligera		Moderada		Alta		Muy Alta	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Santa María</b>	34950	24	15225	11	57050	39	37425	26
<b>Blanco</b>	34150	19	24350	14	52725	29	68250	38
<b>Alisar</b>								
<b>Porongal</b>	0	0	425	0	22825	16	115900	83
<b>Los Toldos</b>								
<b>Lipeo</b>	225	0	1150	1	29850	19	124275	80
<b>Itaú</b>	43975	17	67700	27	114150	45	27500	11
<b>Condado</b>	0	0	950	1	35200	31	76450	68
<b>Iruya</b>								
<b>Pescado</b>	1900	1	10400	3	63025	19	247900	77
<b>De Las Piedras</b>	46100	56	19675	24	11500	14	4550	6
<b>Mojotoro</b>								
<b>Lavayén</b>	100350	26	85050	22	128500	33	75125	19
<b>Total</b>	<b>261650</b>	<b>15</b>	<b>224925</b>	<b>13</b>	<b>514825</b>	<b>29</b>	<b>777375</b>	<b>44</b>

### 7.3. Simulaciones para escenarios alternativos de uso de los suelos y prácticas para áreas Agrícolas y Forestales según Región Agroeconómica

A continuación se muestran la Erosión Potencial (**Mapa 5**) y los valores obtenidos al plantear diferentes usos y prácticas alternativos para cada región (**Tabla 16**). Con el objetivo de agilizar la lectura se presentan los valores de erosión (tanto EP como para EA) en diferentes colores: en color **verde** los valores de erosión Nula o Ligera (menor a 10 Mg/ha.año), en **celeste** erosión Moderada (10-50 Mg/ha.año), en **amarillo** erosión Alta (50-200 Mg/ha.año) y en **rojo** erosión Muy Alta (mayor a 200 Mg/ha.año).

Como se mencionó, para el planteo de los distintos escenarios se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Para las Regiones Agroeconómicas donde se realiza actividad agrícola-ganadera, se consideró una pendiente máxima del 5%. Cabe aclarar que esta pendiente es la máxima admitida para realizar desmontes, según la legislación vigente en la Provincia de Salta.

- Para la Región de Sierras Subandinas, por sus condiciones agroecológicas, se la consideró apta para realizar forestación y se asumió un rango de pendiente del 5 – 15%.

Los valores de erosión de cada suelo y por región agroeconómica presente en el área de estudio muestran:

- Superficies de los suelos y el grado de erosión que estos presentan según la clasificación de FAO (**Tabla 19**). Esto nos da una idea del área que cada suelo ocupa en la región y el riesgo de erosión que éstos presentan.

- Valores de Erosión Potencial detallada por suelo y en distintas pendientes, mostrando de esta manera la susceptibilidad erosiva de cada suelo al variar el gradiente de la pendiente. Se consideró tres rangos de pendientes teniendo en cuenta la necesidad de sistematización de los suelos al ser cultivados. A saber, 0-0,5%, suelos con pendiente no erosiva donde la sistematización no es necesaria; 0,5-2% en este rango la pendiente se considera no erosiva sin embargo se debe considerar la implementación de algunas prácticas de sistematización; finalmente 2-5% en este rango las pendientes son erosivas y en las cuales las prácticas de sistematización son necesarias.

- Valores de Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes, mostrando de esta manera la susceptibilidad erosiva de cada unidad de suelo con una determinada cobertura y práctica de conservación al variar el gradiente de la pendiente. Como se mencionó en el párrafo anterior, también se consideró tres rangos de pendientes teniendo en cuenta la necesidad de sistematización de los suelos al ser cultivados. Al plantear distintos escenarios de uso y manejo de los suelos se permite, para cada unidad cartográfica, conocer la susceptibilidad a la erosión y poder

así planificar las rotaciones y sistematización que mejor se adecuen a cada situación para un manejo sustentable.

- Como ya se explicó en el capítulo de metodología para el cálculo del factor LS, los valores presentados son para un L=122 m. En las Regiones donde se realiza agricultura, las tierras se habilitan, desmonte mediante, según lo establecido por la legislación vigente, en lotes de 400 a 1.000 m en la región de Umbral al Chaco, con cortinas forestales de vegetación natural cada 400m y en casos como en la Región de Chaco Semiárido, las cortinas van cada 200 m por lo que quedan lotes de 200 a 500 m. Además actualmente se encuentran sistematizadas más de 200.000 ha con terrazas de desagüe, colectores o desagües parabólicos, represas de amortiguación y los espaciamientos entre terrazas varían entre 150 y 300 m, lográndose muy buenos resultados en el control de la erosión hídrica. Por lo expuesto, se obtuvo también determinaciones de erosión para otras longitudes.

- Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes practicas de conservación. De esta manera se pretende poner de manifiesto que al momento, de hacer un uso sustentable de suelo, la diferencia que existe al seleccionar entre uno u otro tipo de cultivo y práctica.

Finalmente se muestra la superficie total y superficies con distintos grados de erosión (según clasificación de FAO) y Erosión Potencial de cada región agro-económica presente en el área de estudio.

### 7.3.1. Umbral al Chaco y Chaco con riego Producción Intensiva

#### 7.3.1.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO

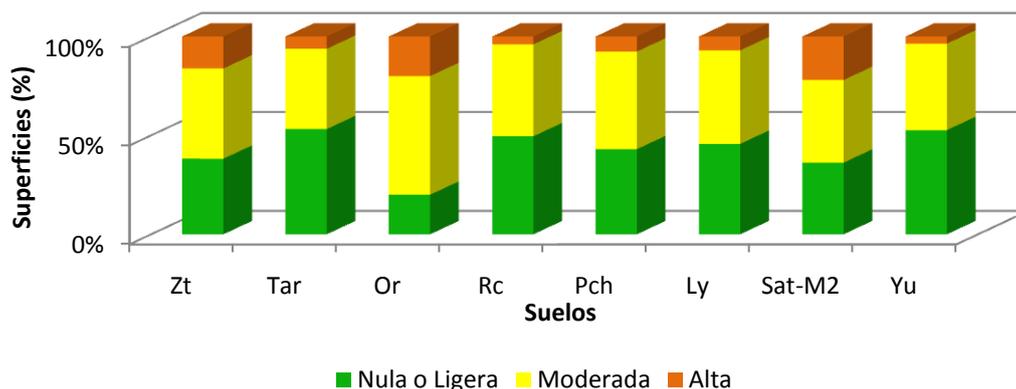
La **Tabla 23** (en hectáreas) y el **Gráfico 4** (en porcentaje) muestran las superficies con diferentes grados de erosión según clasificación de FAO y por suelo dominante.

La superficie total de los suelos presentes en el área cultivable de esta región agro-económica es de 19.252 ha. Las asociaciones presentan la mayor superficie con grado de erosión Moderada (47%); luego, Nula o Ligera (46%) y Alta (7%). No se obtuvo grado erosión Muy Alta, lo que significa que la EP no supera las 200 Mg/ha.año en los suelos pertenecientes a esta región.

**Tabla 23.** Superficies de EP (en ha) por asociaciones de suelo en la Región de Umbral al Chaco.

Asociaciones	Clasificación FAO			Total
	Nula o Ligera	Moderada	Alta	
Zt	169	202	71	<b>442</b>
Tar	224	171	26	<b>420</b>
Or	1	3	1	<b>4</b>
Rc	1043	977	83	<b>2103</b>
Pch	2324	2665	411	<b>5400</b>
Ly	3388	3504	518	<b>7410</b>
Sat-M2	278	321	169	<b>768</b>
Yu	1424	1182	97	<b>2704</b>
<b>Total</b>	<b>8851</b>	<b>9024</b>	<b>1377</b>	<b>19252</b>

**Gráfico 4.** Superficies de EP (en %) por asociaciones de suelo en la Región de Umbral al Chaco.



### 7.3.1.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes

En las tablas y gráficos siguientes se muestran la susceptibilidad erosiva o erosión potencial (EP) de los suelos dominantes por grado de pendiente para las áreas cultivables de esta región agro-económica. Además muestran la erosión actual (EA) para cultivo de soja en rotación con maíz, en siembra directa (MS-SD) y con labranza convencional (MS-C); realizados en curvas de nivel (CN), en terrazas (T) y sin prácticas de conservación (SP). Se consideró pendientes menores a 0,5%, entre 0,5-2% y entre 2-5%.

Se observa que, la asociación Orán no presentó pendientes menores al 0,5% en el área de estudio, sin embargo, para pendientes entre 0,5 al 2% esta asociación presentó la mayor Erosión Potencial. El suelo San Antonio-Madrejones2 presentó la mayor EP en pendientes comprendidas entre 2 y 5%. La asociación Zenta (en pendientes menores al 0,5%) y la asociación Yuchán (en pendientes entre 0,5 - 2% y 2 - 5%) presentaron la menor susceptibilidad a la erosión. (**Tabla 24**).

La EA disminuye a medida que se realizan prácticas de conservación (cultivos en terrazas y en curvas de nivel en segundo lugar) y disminuye al igual que la EP, al disminuir el grado de pendiente. En cultivos de soja en rotación con maíz en siembra directa la Erosión Potencial es menor que la realizada de manera convencional (**Tabla 25**, **Tabla 26** y **Tabla 27**).

<p><b>Foto 1.</b> Cultivo de soja con riego, labranza convencional y sistematización con terrazas.</p>	<p><b>Foto 2.</b> Cultivo de soja en rotación con trigo en siembra directa, sin sistematización y realizadas a secano.</p>	<p><b>Foto 3.</b> Cultivo de Maíz con laboreo convencional y sin sistematización.</p>
<p>Se observa la escasa cobertura que deja el cultivo soja después de la cosecha, aun cuando se hace en siembra directa. Sin embargo, la rotación con maíz o trigo mejora las condiciones del suelo ya que proporciona gran cantidad de materia seca.</p>		

En el **Gráfico 5**, **Gráfico 6** y **Gráfico 7** se ilustran los diferentes grados de erosión según tipo de laboreo y práctica de conservación para cada suelo dominante.

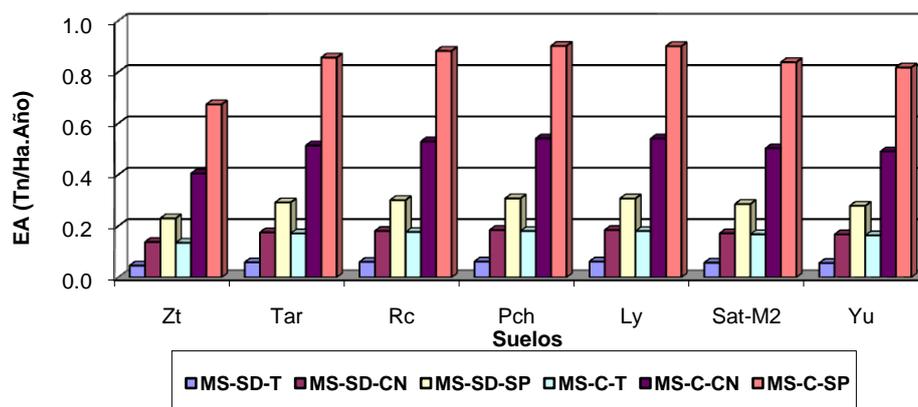
**Tabla 24.** EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo.

Asociaciones	Grado de Pendiente		
	0-0,5%	0,5-2%	2-5%
Zt	2	12	52
Tar	2	12	49
Or	-	16	44
Rc	2	11	41
Pch	2	12	45
Ly	2	13	50
Sat-M2	2	11	60
Yu	2	10	37
<b>Media</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>45</b>

**Tabla 25.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes menores a 0,5%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)					
	MS-SD-T	MS-SD-CN	MS-SD-SP	MS-C-T	MS-C-CN	MS-C-SP
Zt	0.05	0.14	0.23	0.13	0.40	0.67
Tar	0.06	0.18	0.29	0.17	0.51	0.86
Rc	0.06	0.18	0.30	0.18	0.53	0.88
Pch	0.06	0.18	0.31	0.18	0.54	0.90
Ly	0.06	0.18	0.31	0.18	0.54	0.90
Sat-M2	0.06	0.17	0.29	0.17	0.50	0.84
Yu	0.06	0.17	0.28	0.16	0.49	0.82

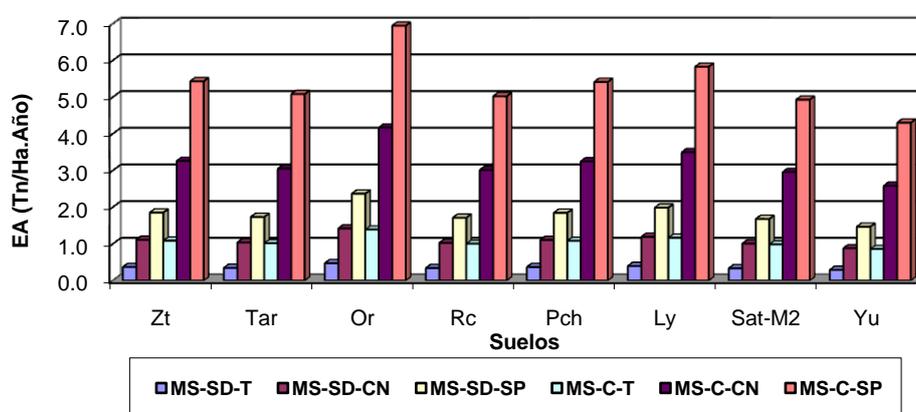
**Gráfico 5.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes menores a 0,5%, según asociaciones de suelo.



**Tabla 26.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)					
	MS-SD-T	MS-SD-CN	MS-SD-SP	MS-C-T	MS-C-CN	MS-C-SP
Zt	0.37	1	2	1	3	5
Tar	0.35	1	2	1	3	5
Or	0.47	1	2	1	4	7
Rc	0.34	1	2	1	3	5
Pch	0.37	1	2	1	3	5
Ly	0.40	1	2	1	4	6
Sat-M2	0.34	1	2	1	3	5
Yu	0.29	1	2	1	3	4

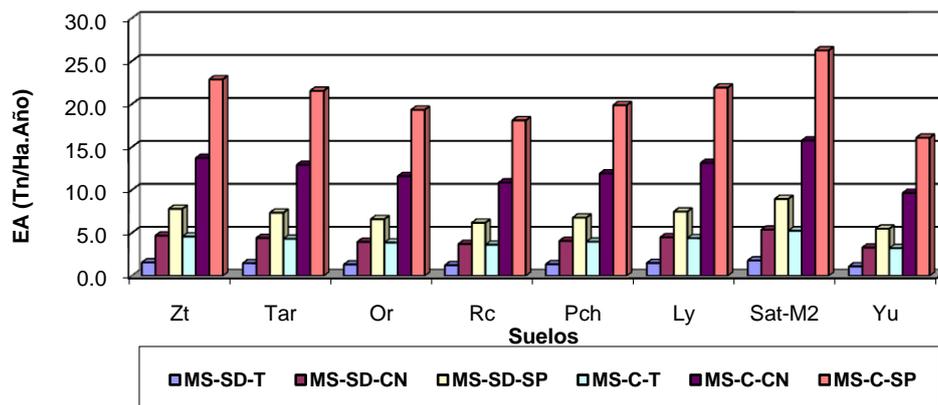
**Gráfico 6.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.



**Tabla 27.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)					
	MS-SD-T	MS-SD-CN	MS-SD-SP	MS-C-T	MS-C-CN	MS-C-SP
Zt	2	5	8	5	14	23
Tar	2	4	7	4	13	22
Or	1	4	7	4	12	19
Rc	1	4	6	4	11	18
Pch	1	4	7	4	12	20
Ly	2	4	7	4	13	22
Sat-M2	2	5	9	5	16	26
Yu	1	3	5	3	10	16

**Gráfico 7.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.



### 7.3.1.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes

A continuación se observan la EP y EA para las diferentes prácticas y cultivos considerados en esta región agroeconómica por suelo dominante en pendientes entre 0,5-2% (**Tabla 28**) y 2-5% (**Tabla 29**) y para longitudes de 200, 300 y 500 metros. La erosión se incrementa al incrementarse la longitud y el grado de la pendiente.

**Tabla 28.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%.

Asociaciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																				
	EP			MS-SD-T			MS-SD-CN			MS-SD-SP			MS-C-T			MS-C-CN			MS-C-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Zt	14	16	18	0,42	0,48	1	1	1	2	2	2	3	1	1	2	4	4	5	6	7	8
Tar	13	15	17	0,40	0,44	1	1	1	2	2	2	3	1	1	1	3	4	4	6	6	7
Or	18	21	24	1	1	1	2	2	2	3	3	4	2	2	2	5	5	6	8	9	10
Rc	13	15	17	0,39	0,44	1	1	1	2	2	2	3	1	1	1	3	4	4	6	6	7
Pch	14	16	18	0,42	0,47	1	1	1	2	2	2	3	1	1	2	4	4	5	6	7	8
Ly	15	17	20	0,46	1	1	1	2	2	2	3	3	1	1	2	4	4	5	7	7	9
Sat-M2	13	14	17	0,39	0,43	0,50	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	4	4	6	6	7
Yu	11	13	14	0,34	0,38	0,43	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	3	4	5	6	6

**Tabla 29.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%.

Asociaciones	Erosión (Mg/ha.año)																				
	EP			MS-SD-T			MS-SD-CN			MS-SD-SP			MS-C-T			MS-C-CN			MS-C-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Zt	62	72	87	2	2	3	6	7	8	9	11	13	5	6	8	16	19	23	27	32	38
Tar	58	67	80	2	2	2	5	6	7	9	10	12	5	6	7	15	18	21	26	30	35
Or	53	61	73	2	2	2	5	6	7	8	9	11	5	5	6	14	16	19	23	27	32
Rc	49	56	67	2	2	2	4	5	6	7	8	10	4	5	6	13	15	18	21	25	29
Pch	54	62	75	2	2	2	5	6	7	8	9	11	5	5	7	14	16	20	24	27	33
Ly	59	68	82	2	2	3	5	6	7	9	10	12	5	6	7	16	18	22	26	30	36
Sat-M2	72	84	102	2	3	3	7	8	9	11	13	15	6	7	9	19	22	27	32	37	45
Yu	43	50	60	1	2	2	4	5	6	7	8	9	4	4	5	11	13	16	19	22	26

#### 7.3.1.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación

La **Tabla 30** muestra la EA promedio para las diferentes condiciones de prácticas y cultivos (secuencias), según grado de pendiente. Se observa que los mayores valores de pérdida de suelos se presentan cuando se realiza MS-C-SP y la menor pérdida cuando se realiza MS-SD-T. Los valores de erosión disminuyen a medida que también disminuye el grado de pendiente.

**Tabla 30.** EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación.

Secuencias	Grado de Pendiente		
	0-0,5%	0,5-2%	2-5%
MS-SD-T	0,06	0,37	1
MS-SD-CN	0,17	1	4
MS-SD-SP	0,29	2	7
MS-C-T	0,17	1	4
MS-C-CN	0,50	3	12
MS-C-SP	0,84	5	21

#### 7.3.2. Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia

##### 7.3.2.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO

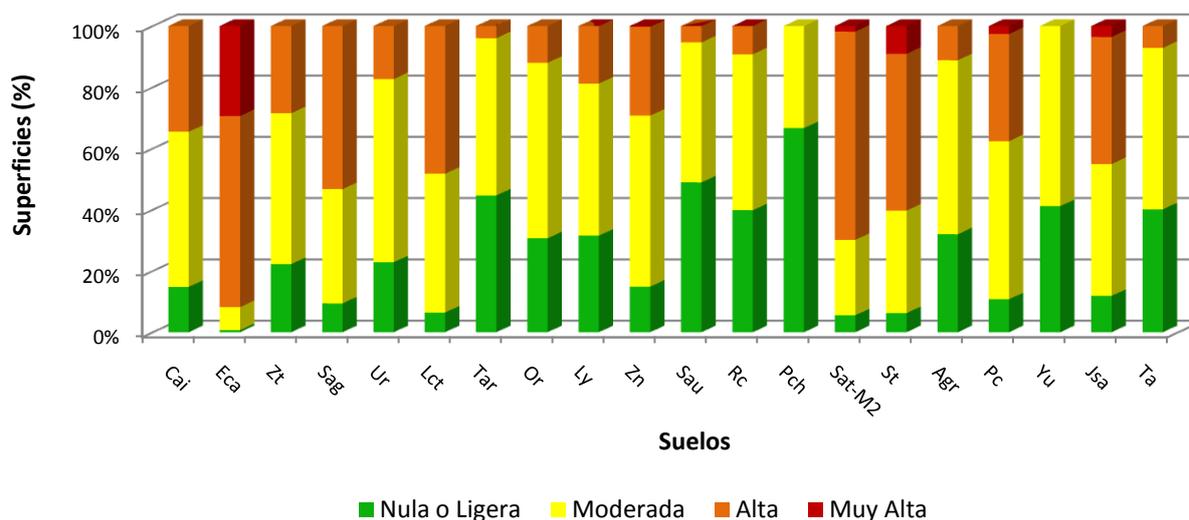
La **Tabla 31** (en hectáreas) y el **Gráfico 8** (en porcentaje) muestran las superficies con diferentes grados de erosión según clasificación de FAO y por suelos dominantes.

La superficie total de las asociaciones presentes en el área cultivable de esta región agro-económica es de 165.470 ha. De las cuales la mayor superficie (84.231 ha) presenta grado de erosión Moderada, luego Nula o Ligera (41.563 ha), alta (37.418 ha) y sólo el 2.259 ha (1,9%) del área cultivable presenta grado erosión Muy Alta. La asociación Orán (Or) es la que presenta mayor superficie (36.671 ha) de la cual el 57,31% presenta erosión Moderada y en contraposición la asociación Pichanal (Pch) presenta la menor superficie (13 ha) en esta región agro-económica.

**Tabla 31.** Superficies de EP (en ha) por asociaciones de suelo en la Región de Pedemonte.

Asociaciones	Clasificación FAO				Total
	Nula o Ligera	Moderada	Alta	Muy Alta	
Cai	104	356	242	0	703
Eca	15	172	1430	673	2290
Zt	788	1746	1008	0	3543
Sag	299	1186	1693	0	3179
Ur	3084	8072	2334	0	13489
Lct	183	1292	1376	0	2851
Tar	1334	1534	119	0	2986
Or	11252	21016	4403	0	36671
Ly	3107	4893	1850	0	9850
Zn	2995	11240	5837	54	20125
Sau	3472	3244	380	0	7096
Rc	5514	7050	1274	3	13841
Pch	8	4	0	0	13
Sat-M2	179	797	2200	60	3235
St	697	3748	5733	1017	11196
Agr	4211	7480	1471	0	13162
Pc	766	3675	2492	185	7119
Yu	12	17	0	0	29
Jsa	887	3222	3104	267	7481
Ta	2654	3485	472	0	6611
<b>Total</b>	<b>41563</b>	<b>84231</b>	<b>37418</b>	<b>2259</b>	<b>165470</b>

**Gráfico 8.** Superficies de EP (en %) por asociación de suelo en la Región de Pedemonte.



### 7.3.2.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes

En las tablas y gráficos siguientes se muestran la susceptibilidad erosiva o erosión potencial (EP) de los suelos dominantes por grado de pendiente para las áreas cultivables de esta región agro-económica. Además muestran la erosión real o actual (EA) para cultivo de cítricos y banano (B-CI),

caña de azúcar (CA) y hortalizas (H); realizados en curvas de nivel (CN), en terrazas (T) y sin prácticas de conservación (SP). Se consideró pendientes entre 0,5-2% y entre 2-5%, las menores a 0,5% no se consideraron ya que, como se vió en la región de Umbral al Chaco, la EA para esas pendiente es insignificante.

Se observa que la erosión es en general de Moderada a Alta. Según el grado de pendiente, la asociación El Candado (Eca) presenta la mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, mientras que las asociaciones Saucelito (Sau) y Yuchán (Yu) presentan la menor susceptibilidad (**Tabla 32**).

La EA disminuye a medida que se realizan prácticas de conservación (cultivos en terrazas y en curvas de nivel en segundo lugar) y disminuye al igual que la EP, al disminuir el grado de pendiente. La menor pérdida se presenta en cultivos de caña de azúcar realizados en terrazas y la mayor en cultivos de hortalizas realizadas sin prácticas de conservación (**Tabla 33** y **Tabla 34**).

		
<p><b>Foto 4.</b> Sistemización (canales de riego en pendientes no erosivas) para cultivo de caña de azúcar.</p>	<p><b>Foto 5.</b> Cultivo joven de caña de azúcar. Al fondo se observa vegetación natural.</p>	<p><b>Foto 6.</b> Cultivo maduro de caña de azúcar.</p>
<p>Se observa la buena cobertura, no sólo en estado maduro, sino también en los primeros estadios del cultivo. Esto disminuye la erosión hídrica, y más aun cuando se realizan prácticas conservacionistas.</p>		

		
<p><b>Foto 7.</b> Cultivo de Haba (<i>Vicia sp</i>).</p>	<p><b>Foto 8.</b> Cultivo de tomate (<i>Lycopersicum sp</i>).</p>	<p><b>Foto 9.</b> Plantación de banano (<i>Musa sp</i>).</p>
<p>Se observa la escasa cobertura aérea (canopeo) y sobre el suelo.</p>	<p>Se observa una buena cobertura del canopeo, no así sobre el suelo.</p>	



**Foto 10.** Plantación de Naranjas (*Citrus sp*).



**Foto 11.** Plantación de Naranjas (*Citrus sp*).

El cultivo presenta una buena cobertura del canopeo no así sobre el suelo. Sin embargo, como se observa en las fotografías, la cobertura del suelo es mayor cuando no se realizan labranzas.

En el **Gráfico 9** y **Gráfico 10** se aprecian los diferentes grados de erosión según tipo de laboreo y práctica de conservación para cada suelo dominante.

**Tabla 32.** EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo.

Asociaciones	Grado de Pendiente	
	0,5-2%	2-5%
Cai	24	90
Eca	45	174
Zt	18	75
Sag	23	87
Ur	20	68
Lct	16	57
Tar	14	50
Or	18	69
Ly	19	80
Zn	23	85
Sau	11	45
Rc	17	68
Pch	10	43
Sat-M2	29	106
St	41	146
Agr	18	61
Pc	35	122
Yu	13	33
Jsa	34	121
Ta	16	61
<b>Media</b>	<b>21</b>	<b>88</b>

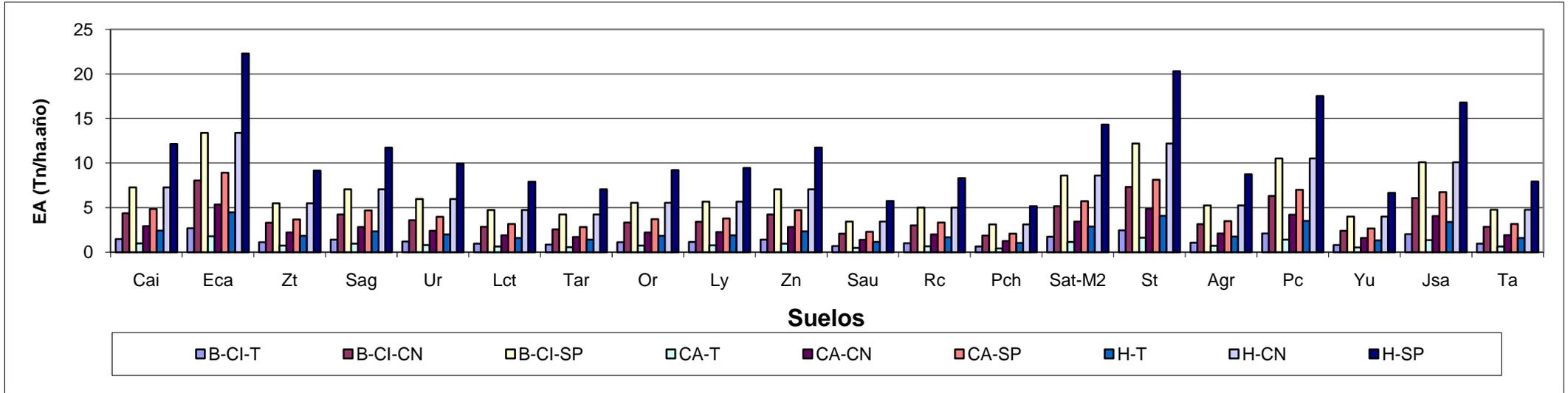
**Tabla 33.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)								
	B-CI-T	B-CI-CN	B-CI-SP	CA-T	CA-CN	CA-SP	H-T	H-CN	H-SP
Cai	1	4	7	1	3	5	2	7	12
Eca	3	8	13	2	5	9	4	13	22
Zt	1	3	5	1	2	4	2	5	9
Sag	1	4	7	1	3	5	2	7	12
Ur	1	4	6	1	2	4	2	6	10
Lct	1	3	5	1	2	3	2	5	8
Tar	1	3	4	1	2	3	1	4	7
Or	1	3	6	1	2	4	2	6	9
Ly	1	3	6	1	2	4	2	6	9
Zn	1	4	7	1	3	5	2	7	12
Sau	1	2	3	0,41	1	2	1	3	6
Rc	1	3	5	1	2	3	2	5	8
Pch	1	2	3	0,46	1	2	1	3	5
Sat-M2	2	5	9	1	3	6	3	9	14
St	2	7	12	2	5	8	4	12	20
Agr	1	3	5	1	2	3	2	5	9
Pc	2	6	11	1	4	7	4	11	18
Yu	1	2	4	1	2	3	1	4	7
Jsa	2	6	10	1	4	7	3	10	17
Ta	1	3	5	1	2	3	2	5	8

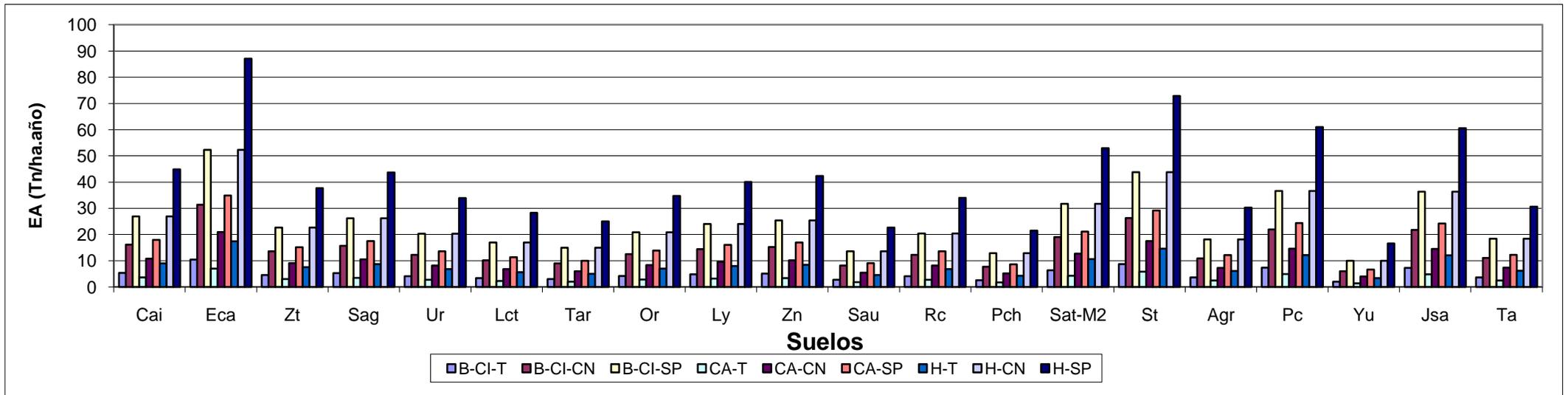
**Tabla 34.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)								
	B-CI-T	B-CI-CN	B-CI-SP	CA-T	CA-CN	CA-SP	H-T	H-CN	H-SP
Cai	5	16	27	4	11	18	9	27	45
Eca	10	31	52	7	21	35	17	52	87
Zt	5	14	23	3	9	15	8	23	38
Sag	5	16	26	3	10	17	9	26	44
Ur	4	12	20	3	8	14	7	20	34
Lct	3	10	17	2	7	11	6	17	28
Tar	3	9	15	2	6	10	5	15	25
Or	4	13	21	3	8	14	7	21	35
Ly	5	14	24	3	10	16	8	24	40
Zn	5	15	25	3	10	17	8	25	42
Sau	3	8	14	2	5	9	5	14	23
Rc	4	12	20	3	8	14	7	20	34
Pch	3	8	13	2	5	9	4	13	21
Sat-M2	6	19	32	4	13	21	11	32	53
St	9	26	44	6	17	29	15	44	73
Agr	4	11	18	2	7	12	6	18	30
Pc	7	22	37	5	15	24	12	37	61
Yu	2	6	10	1	4	7	3	10	17
Jsa	7	22	36	5	15	24	12	36	61
Ta	4	11	18	2	7	12	6	18	31

**Gráfico 9.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.



**Gráfico 10.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.



### 7.3.2.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes

A continuación se observan la EP y EA para diferentes prácticas y cultivos (EA) considerados en esta región agroeconómica por suelo dominante en pendientes entre 0,5-2% (**Tabla 28**) y 2-5% (**Tabla 29**) y para longitudes de 200, 300 y 500 metros. La erosión se incrementa al incrementarse la longitud y el grado de la pendiente.

**Tabla 35.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%.

Asociaciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																													
	EP			CI-B-T			CI-B-CN			CI-B-SP			CA-T			CA-CN			CA-SP			H-T			H-CN			H-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Cai	28	31	36	2	2	2	5	6	7	8	9	11	1	1	1	3	4	4	6	6	7	3	3	4	8	9	11	14	16	18
Eca	51	58	67	3	3	4	9	10	12	15	17	20	2	2	3	6	7	8	10	12	13	5	6	7	15	17	20	26	29	34
Zt	21	24	27	1	1	2	4	4	5	6	7	8	1	1	1	3	3	3	4	5	5	2	2	3	6	7	8	11	12	14
Sag	27	30	35	2	2	2	5	5	6	8	9	11	1	1	1	3	4	4	5	6	7	3	3	4	8	9	11	14	15	18
Ur	23	26	30	1	2	2	4	5	5	7	8	9	1	1	1	3	3	4	5	5	6	2	3	3	7	8	9	11	13	15
Lct	18	20	24	1	1	1	3	4	4	5	6	7	1	1	1	2	2	3	4	4	5	2	2	2	5	6	7	9	10	12
Tar	16	18	21	1	1	1	3	3	4	5	5	6	1	1	1	2	2	2	3	4	4	2	2	2	5	5	6	8	9	10
Or	21	24	27	1	1	2	4	4	5	6	7	8	1	1	1	3	3	3	4	5	5	2	2	3	6	7	8	11	12	14
Ly	22	24	28	1	1	2	4	4	5	6	7	8	1	1	1	3	3	3	4	5	6	2	2	3	6	7	8	11	12	14
Zn	27	30	35	2	2	2	5	5	6	8	9	11	1	1	1	3	4	4	5	6	7	3	3	4	8	9	11	14	15	18
Sau	13	15	17	1	1	1	2	3	3	4	4	5	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	1	2	4	4	5	7	7	8
Rc	19	21	25	1	1	1	3	4	4	6	6	7	1	1	1	2	3	3	4	4	5	2	2	2	6	6	7	10	11	12
Pch	12	13	15	1	1	1	2	2	3	4	4	4	0,47	1	1	1	2	2	2	3	3	1	1	1	4	4	4	6	7	7
Sat-M2	33	37	43	2	2	3	6	7	8	10	11	13	1	1	2	4	4	5	7	7	9	3	4	4	10	11	13	17	19	22
St	47	52	61	3	3	4	8	9	11	14	16	18	2	2	2	6	6	7	9	10	12	5	5	6	14	16	18	23	26	30
Agr	20	22	26	1	1	2	4	4	5	6	7	8	1	1	1	2	3	3	4	4	5	2	2	3	6	7	8	10	11	13
Pc	40	45	52	2	3	3	7	8	9	12	14	16	2	2	2	5	5	6	8	9	10	4	5	5	12	14	16	20	23	26
Yu	15	17	20	1	1	1	3	3	4	5	5	6	1	1	1	2	2	2	3	3	4	2	2	2	5	5	6	8	9	10
Jsa	39	43	50	2	3	3	7	8	9	12	13	15	2	2	2	5	5	6	8	9	10	4	4	5	12	13	15	19	22	25
Ta	18	20	23	1	1	1	3	4	4	5	6	7	1	1	1	2	2	3	4	4	5	2	2	2	5	6	7	9	10	12

**Tabla 36.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%.

Asociaciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																													
	EP			CI-B-T			CI-B-CN			CI-B-SP			CA-T			CA-CN			CA-SP			H-T			H-CN			H-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Cai	107	124	150	6	7	9	19	22	27	32	37	45	4	5	6	13	15	18	21	25	30	11	12	15	32	37	45	54	62	75
Eca	211	247	301	13	15	18	38	44	54	63	74	90	8	10	12	25	30	36	42	49	60	21	25	30	63	74	90	105	123	150
Zt	91	106	128	5	6	8	16	19	23	27	32	38	4	4	5	11	13	15	18	21	26	9	11	13	27	32	38	45	53	64
Sag	105	123	149	6	7	9	19	22	27	32	37	45	4	5	6	13	15	18	21	25	30	11	12	15	32	37	45	53	61	74
Ur	81	93	112	5	6	7	15	17	20	24	28	33	3	4	4	10	11	13	16	19	22	8	9	11	24	28	33	40	47	56
Lct	68	80	97	4	5	6	12	14	17	21	24	29	3	3	4	8	10	12	14	16	19	7	8	10	21	24	29	34	40	48
Tar	59	68	82	4	4	5	11	12	15	18	20	24	2	3	3	7	8	10	12	14	16	6	7	8	18	20	24	30	34	41
Or	83	96	115	5	6	7	15	17	21	25	29	34	3	4	5	10	11	14	17	19	23	8	10	11	25	29	34	41	48	57
Ly	96	111	134	6	7	8	17	20	24	29	33	40	4	4	5	11	13	16	19	22	27	10	11	13	29	33	40	48	56	67
Zn	101	117	141	6	7	8	18	21	25	30	35	42	4	5	6	12	14	17	20	23	28	10	12	14	30	35	42	51	58	70
Sau	54	62	75	3	4	4	10	11	13	16	19	22	2	2	3	6	7	9	11	12	15	5	6	7	16	19	22	27	31	37
Rc	81	93	112	5	6	7	15	17	20	24	28	34	3	4	4	10	11	13	16	19	22	8	9	11	24	28	34	40	47	56
Pch	50	56	66	3	3	4	9	10	12	15	17	20	2	2	3	6	7	8	10	11	13	5	6	7	15	17	20	25	28	33
Sat-M2	128	149	182	8	9	11	23	27	33	38	45	54	5	6	7	15	18	22	26	30	36	13	15	18	38	45	54	64	75	91
St	175	202	244	10	12	15	31	36	44	52	61	73	7	8	10	21	24	29	35	40	49	17	20	24	52	61	73	87	101	122
Agr	72	83	100	4	5	6	13	15	18	22	25	30	3	3	4	9	10	12	14	17	20	7	8	10	22	25	30	36	42	50
Pc	145	167	200	9	10	12	26	30	36	43	50	60	6	7	8	17	20	24	29	33	40	14	17	20	43	50	60	72	84	100
Yu	39	44	51	2	3	3	7	8	9	12	13	15	2	2	2	5	5	6	8	9	10	4	4	5	12	13	15	19	22	25
Jsa	145	167	202	9	10	12	26	30	36	43	50	60	6	7	8	17	20	24	29	33	40	14	17	20	43	50	60	72	84	101
Ta	73	84	100	4	5	6	13	15	18	22	25	30	3	3	4	9	10	12	15	17	20	7	8	10	22	25	30	36	42	50

#### 7.3.2.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación

La **Tabla 37** muestra la EA promedio para las diferentes condiciones de prácticas y cultivos (secuencias), según grado de pendiente. Se observa que los mayores valores de pérdida de suelos se presentan cuando se realizan H-SP, y la menor pérdida cuando se realiza CA-T. Los valores de erosión disminuyen a medida que también disminuye el grado de pendiente.

**Tabla 37.** EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación.

Secuencias	Grado de Pendiente	
	0,5-2%	2-5%
B-CI-T	1	5
B-CI-CN	4	15
B-CI-SP	7	25
CA-T	1	3
CA-CN	3	10
CA-SP	4	16
H-T	2	8
H-CN	7	25
H-SP	11	41

#### 7.3.3. Valles Templados con Cultivos Intensivos

##### 7.3.3.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO

La **Tabla 38** (en hectáreas) y el **Gráfico 11** (en porcentaje) muestran las superficies con diferentes grados de erosión según clasificación de FAO y por suelo dominante.

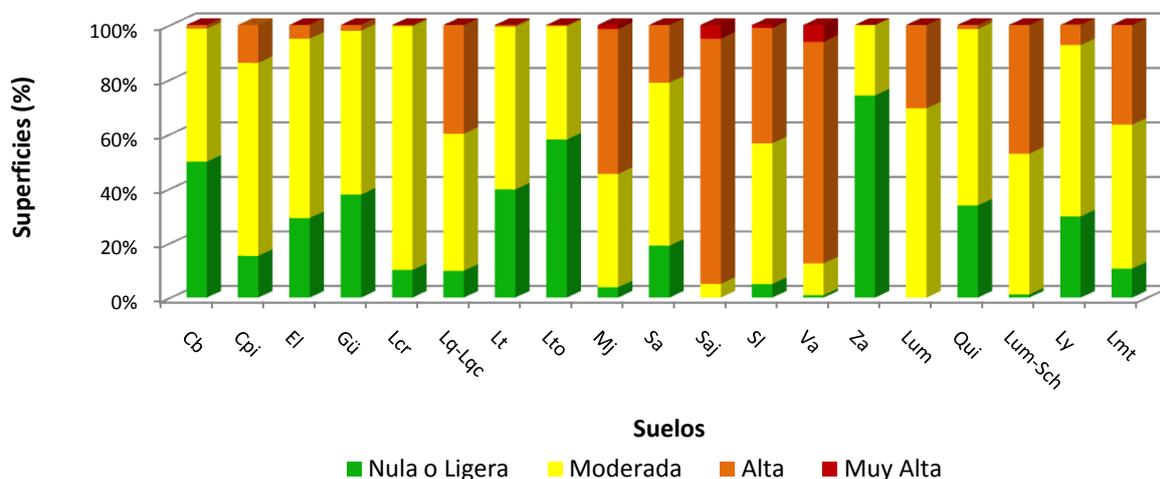
La superficie total de las asociaciones de suelos presentes en el área cultivable de esta región agro-económica es de 77.958 ha. De las cuales la mayor superficie (53,44%) presenta grado de erosión Moderada, luego Nula o Ligera (37,74%), Alta (8,64%) y sólo el 0,17% obtuvo grado erosión Muy Alta.

La asociación Güemes (Gü) presenta la mayor superficie cultivable en esta región agro-económica (21.061 ha), de las cuales el (60,13%) presenta erosión Moderada. La asociación San José (Sj) presenta la menor superficie de suelo cultivable (17 ha), de las cuales el 55% presenta erosión Alta. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los suelos no presentan superficies con grado de erosión Alta, sólo la asociaciones Vaqueros (Va) y Madrejones (Mj) ya que ambas suman 135 ha con grado de erosión Muy Alta.

**Tabla 38.** Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Valles Templados.

Asociaciones	Clasificación FAO				Total
	Nula o Ligera	Moderada	Alta	Muy Alta	
Cb	1146	1121	31	0	2298
Cpi	352	1627	320	0	2298
EI	1055	2380	181	0	3615
Gü	7957	12663	441	0	21061
Lcr	36	318	2	0	356
Lq-Lqc	30	155	123	0	308
Lt	5838	8783	91	0	14712
Lto	6243	4485	45	0	10772
Mj	129	1416	1808	51	3404
Sa	593	1864	660	0	3117
Saj	0	1	15	1	17
SI	50	515	422	11	997
Va	10	137	951	72	1170
Za	4287	1491	1	0	5779
Lum	0	21	9	0	30
Qui	39	74	2	0	114
Lum-Sch	2	77	71	0	150
Ly	1292	2728	318	0	4338
Lmt	364	1807	1251	0	3422
<b>Total</b>	<b>29421</b>	<b>41662</b>	<b>6739</b>	<b>135</b>	<b>77958</b>

**Gráfico 11.** Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Valles Templados.



### 7.3.3.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes

En las tablas y gráficos siguientes se muestran la susceptibilidad erosiva o erosión potencial (EP) de los suelos dominantes por grado de pendiente para áreas cultivables de esta región agro-económica. Además muestran la erosión actual (EA) para cultivo de tabaco con labranza convencional (T-C), tabaco en plantación directa (T-SD) y caña de azúcar (CA); realizados en terrazas (T), en curvas de nivel (CN) y sin prácticas de conservación (SP). Se consideró pendientes entre 0,5-2% y entre 2-5%, las menores a 0,5% no se consideraron ya que, como se vio en cultivos de soja en rotación con maíz, la EA para esas pendiente es insignificante.

Se observa que la asociación San José (Sj) presenta la mayor susceptibilidad a la erosión hídrica mientras que la asociación Zanja del Tigre (Zt) presenta la menor susceptibilidad (**Tabla 39**).

La EA disminuye a medida que se realizan prácticas de conservación (cultivos en terrazas y en curvas de nivel en segundo lugar) y disminuye al igual que la EP, al disminuir el grado de pendiente. La menor pérdida se presenta en cultivos de caña de azúcar realizado en terrazas y la mayor en cultivos de tabaco realizados sin prácticas de conservación (**Tabla 40** y **Tabla 41**).

En el **Gráfico 12** y **Gráfico 13** se aprecian los diferentes grados de erosión según tipo de laboreo y práctica de conservación para cada suelo dominante.

		
<p><b>Foto 12.</b> Cultivo de tabaco en labranza convencional.</p>	<p><b>Foto 13.</b> Cultivo de tabaco en plantación directa. (Foto Ing.Agr. Ramón Osinaga).</p>	<p><b>Foto 14.</b> Cultivo de caña de azúcar.</p>
<p>Se observa la diferencia de cobertura del suelo al realizar tabaco en plantación directa y labranza convencional.</p>		<p>Al fondo se observan las chimeneas del Ingenio azucarero San Isidro.</p>

**Tabla 39.** EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo.

Asociaciones	Grado de Pendiente	
	0,5-2%	2-5%
Cb	9	27
Cpi	12	37
EI	12	36
Gü	10	28
Lcr	9	31
Lq-Lqc	13	59
Lt	8	23
Lto	8	22
Mj	31	86
Sa	15	56
Saj	47	125
Sl	22	78
Va	35	124
Za	5	16
Lum	16	40
Qui	12	32
Lum-Sch	15	54
Ly	16	50
Lmt	14	54
<b>Media</b>	<b>10</b>	<b>40</b>

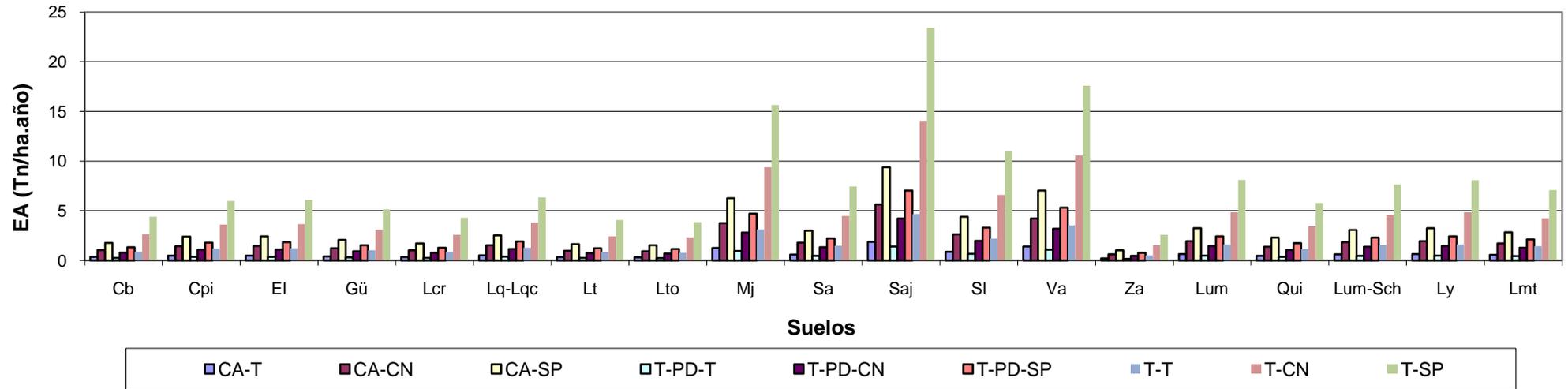
**Tabla 40.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)								
	CA-T	CA-CN	CA-SP	T-PD-T	T-PD-CN	T-PD-SP	T-T	T-CN	T-SP
Cb	0,35	1	2	0,26	1	1	1	3	4
Cpi	0,48	1	2	0,36	1	2	1	4	6
El	0,49	1	2	0,37	1	2	1	4	6
Gü	0,41	1	2	0,31	1	2	1	3	5
Lcr	0,34	1	2	0,26	1	1	1	3	4
Lq-Lqc	0,51	2	3	0,38	1	2	1	4	6
Lt	0,32	1	2	0,24	1	1	1	2	4
Lto	0,31	1	2	0,23	1	1	1	2	4
Mj	1	4	6	0,94	3	5	3	9	16
Sa	0,60	2	3	0,45	1	2	1	4	7
Saj	2	6	9	1	4	7	5	14	23
Sl	0,88	3	4	0,66	2	3	2	7	11
Va	1	4	7	1	3	5	4	11	18
Za	0,21	1	1	0,15	0,46	1	1	2	3
Lum	0,65	2	3	0,49	1	2	2	5	8
Qui	0,46	1	2	0,35	1	2	1	3	6
Lum-Sch	0,61	2	3	0,46	1	2	2	5	8
Ly	0,65	2	3	0,49	1	2	2	5	8
Lmt	0,57	2	3	0,43	1	2	1	4	7

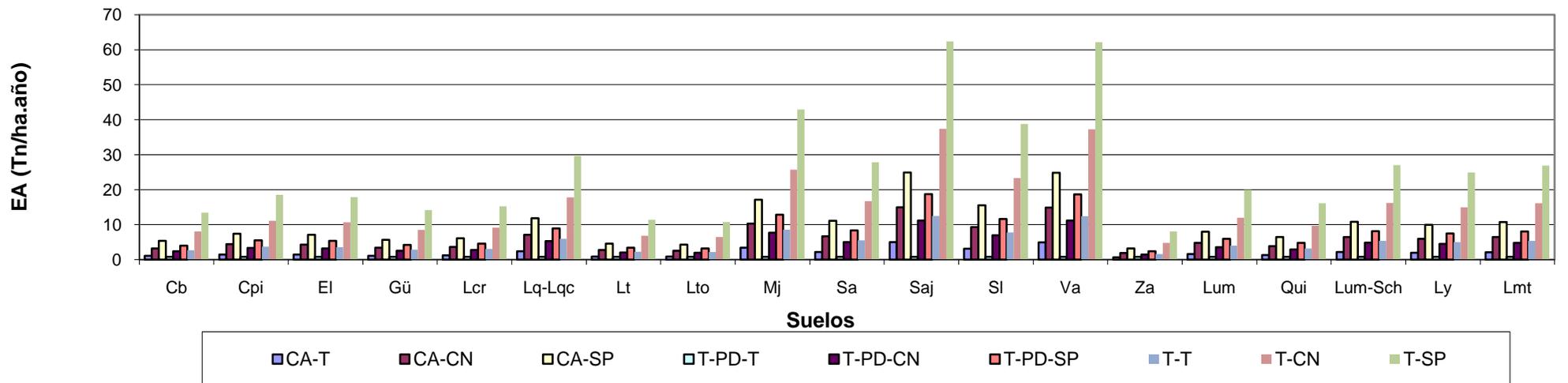
**Tabla 41.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.

Asociaciones	EA (Mg/ha.año)								
	CA-T	CA-CN	CA-SP	T-PD-T	T-PD-CN	T-PD-SP	T-C-T	T-C-CN	T-C-SP
Cb	1	3	5	1	2	4	3	8	13
Cpi	1	4	7	1	3	6	4	11	19
El	1	4	7	1	3	5	4	11	18
Gü	1	3	6	1	3	4	3	8	14
Lcr	1	4	6	1	3	5	3	9	15
Lq-Lqc	2	7	12	1	5	9	6	18	30
Lt	1	3	5	1	2	3	2	7	11
Lto	1	3	4	1	2	3	2	6	11
Mj	3	10	17	1	8	13	9	26	43
Sa	2	7	11	1	5	8	6	17	28
Saj	5	15	25	1	11	19	12	37	62
Sl	3	9	16	1	7	12	8	23	39
Va	5	15	25	1	11	19	12	37	62
Za	1	2	3	1	1	2	2	5	8
Lum	2	5	8	1	4	6	4	12	20
Qui	1	4	6	1	3	5	3	10	16
Lum-Sch	2	6	11	1	5	8	5	16	27
Ly	2	6	10	1	4	7	5	15	25
Lmt	2	6	11	1	5	8	5	16	27

**Gráfico 12.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 0,5 y 2%, según asociaciones de suelo.



**Gráfico 13.** EA para diferentes tipos de cultivos y prácticas en pendientes entre 2 y 5%, según asociaciones de suelo.



### 7.3.3.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes

A continuación se observan la EP y EA para las diferentes prácticas y cultivos considerados en esta región agroeconómica por suelo dominante en pendientes entre 0,5-2% (**Tabla 43**) y 2-5% (**Tabla 42**) y para longitudes de 200, 300 y 500 metros. La erosión se incrementa al incrementarse la longitud y el grado de la pendiente.

**Tabla 42.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 0,5-2%.

Asociaciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																													
	EP			CA-T			CA-CN			CA-SP			T-PD-T			T-PD-CN			T-PD-SP			T-T			T-CN			T-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Cb	10	11	13	0,4	0,45	1	1	1	2	2	2	3	0,30	0,34	0,39	1	1	1	2	2	2	1	1	1	3	3	4	5	6	7
Cpi	14	16	18	1	1	1	2	2	2	3	3	4	0,42	0,47	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	4	5	5	7	8	9
EI	14	16	18	1	1	1	2	2	2	3	3	4	0,42	0,47	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	4	5	5	7	8	9
Gü	12	13	15	0,47	1	1	1	2	2	2	3	3	0,36	0,40	0,46	1	1	1	2	2	2	1	1	2	4	4	5	6	7	8
Lcr	10	11	13	0,4	0,45	1	1	1	2	2	2	3	0,30	0,33	0,39	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	3	4	5	6	6
Lq-Lqc	15	16	19	1	1	1	2	2	2	3	3	4	0,44	0,49	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	4	5	6	7	8	10
Lt	9	11	12	0,38	0,42	0,49	1	1	1	2	2	2	0,28	0,32	0,37	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	3	4	5	5	6
Lto	9	10	12	0,36	0,4	0,46	1	1	1	2	2	2	0,27	0,30	0,35	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	3	3	4	5	6
Mj	36	41	47	1	2	2	4	5	6	7	8	9	1	1	1	3	4	4	5	6	7	4	4	5	11	12	14	18	20	24
Sa	17	19	22	1	1	1	2	2	3	3	4	4	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	5	6	7	9	10	11
Saj	54	61	70	2	2	3	6	7	8	11	12	14	2	2	2	5	5	6	8	9	11	5	6	7	16	18	21	27	30	35
Sl	25	29	33	1	1	1	3	3	4	5	6	7	1	1	1	2	3	3	4	4	5	3	3	3	8	9	10	13	14	17
Va	41	46	53	2	2	2	5	6	6	8	9	11	1	1	2	4	4	5	6	7	8	4	5	5	12	14	16	20	23	27
Za	6	7	8	0,24	0,27	0,31	1	1	1	1	1	2	0,18	0,20	0,23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4
Lum	19	21	25	1	1	1	2	3	3	4	4	5	1	1	1	2	2	2	3	3	4	2	2	2	6	6	7	9	11	12
Qui	13	15	17	1	1	1	2	2	2	3	3	3	0,40	0,45	1	1	1	2	2	2	3	1	1	2	4	4	5	7	7	9
Lum-Sch	18	20	23	1	1	1	2	2	3	4	4	5	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	5	6	7	9	10	12
Ly	19	21	24	1	1	1	2	3	3	4	4	5	1	1	1	2	2	2	3	3	4	2	2	2	6	6	7	9	10	12
Lmt	16	18	21	1	1	1	2	2	3	3	4	4	0,49	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	2	5	6	6	8	9	11

**Tabla 43.** EP y EA para diferentes prácticas y cultivos por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts y pendientes entre 2-5%.

Asocia- ciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																													
	EP			CA-T			CA-CN			CA-SP			T-PD-T			T-PD-CN			T-PD-SP			T-T			T-CN			T-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Cb	32	37	44	1	1	2	4	4	5	6	7	9	1	1	1	3	3	4	5	5	7	3	4	4	10	11	13	16	18	22
Cpi	44	51	62	2	2	2	5	6	7	9	10	12	1	2	2	4	5	6	7	8	9	4	5	6	13	15	19	22	26	31
EI	42	49	58	2	2	2	5	6	7	8	10	12	1	1	2	4	4	5	6	7	9	4	5	6	13	15	17	21	24	29
Gü	33	38	46	1	2	2	4	5	5	7	8	9	1	1	1	3	3	4	5	6	7	3	4	5	10	12	14	17	19	23
Lcr	37	43	53	1	2	2	4	5	6	7	9	11	1	1	2	3	4	5	6	6	8	4	4	5	11	13	16	18	22	26
Lq-Lqc	72	84	102	3	3	4	9	10	12	14	17	20	2	3	3	6	8	9	11	13	15	7	8	10	22	25	31	36	42	51
Lt	27	31	38	1	1	2	3	4	5	5	6	8	1	1	1	2	3	3	4	5	6	3	3	4	8	9	11	14	16	19
Lto	25	29	35	1	1	1	3	4	4	5	6	7	1	1	1	2	3	3	4	4	5	3	3	3	8	9	10	13	15	17
Mj	102	118	141	4	5	6	12	14	17	20	24	28	3	4	4	9	11	13	15	18	21	10	12	14	31	35	42	51	59	71
Sa	67	77	94	3	3	4	8	9	11	13	15	19	2	2	3	6	7	8	10	12	14	7	8	9	20	23	28	33	39	47
Saj	151	178	217	6	7	9	18	21	26	30	36	43	5	5	7	14	16	20	23	27	33	15	18	22	45	53	65	76	89	109
Sl	93	108	131	4	4	5	11	13	16	19	22	26	3	3	4	8	10	12	14	16	20	9	11	13	28	32	39	47	54	65
Va	151	176	215	6	7	9	18	21	26	30	35	43	5	5	6	14	16	19	23	26	32	15	18	21	45	53	64	75	88	107
Za	19	22	26	1	1	1	2	3	3	4	4	5	1	1	1	2	2	2	3	3	4	2	2	3	6	7	8	10	11	13
Lum	48	56	67	2	2	3	6	7	8	10	11	13	1	2	2	4	5	6	7	8	10	5	6	7	14	17	20	24	28	34
Qui	38	43	51	2	2	2	5	5	6	8	9	10	1	1	2	3	4	5	6	7	8	4	4	5	11	13	15	19	22	26
Lum-Sch	65	76	93	3	3	4	8	9	11	13	15	19	2	2	3	6	7	8	10	11	14	7	8	9	20	23	28	33	38	46
Ly	59	68	81	2	3	3	7	8	10	12	14	16	2	2	2	5	6	7	9	10	12	6	7	8	18	20	24	30	34	41
Lmt	65	75	92	3	3	4	8	9	11	13	15	18	2	2	3	6	7	8	10	11	14	6	8	9	19	23	27	32	38	46

#### 7.3.3.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación

La **Tabla 41** muestra la EA promedio para las diferentes condiciones de prácticas y cultivos (secuencias), según grado de pendiente. Se observa que los mayores valores de pérdida de suelos se presentan cuando se realizan T-C-SP, y la menor pérdida cuando se realiza CA-T. Los valores promedio de erosión disminuyen a medida que también disminuye el grado de pendiente.

**Tabla 44.** EA por grado de pendiente y por prácticas de conservación.

Secuencias	Grado de Pendiente	
	0,5-2%	2-5%
CA-T	1	2
CA-CN	2	6
CA-SP	3	10
T-SD-T	0,49	1
T-SD-CN	1	5
T-SD-SP	2	8
T-C-T	2	5
T-C-CN	5	15
T-C-SP	8	26

#### 7.3.4. Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales

##### 7.3.4.1. Superficies de los suelos y el grado de erosión según clasificación de FAO

La **Tabla 45** (en hectáreas) y el **Gráfico 4** (en porcentaje) muestran las superficies forestales con diferentes grados de erosión según clasificación de FAO y por asociación de suelo.

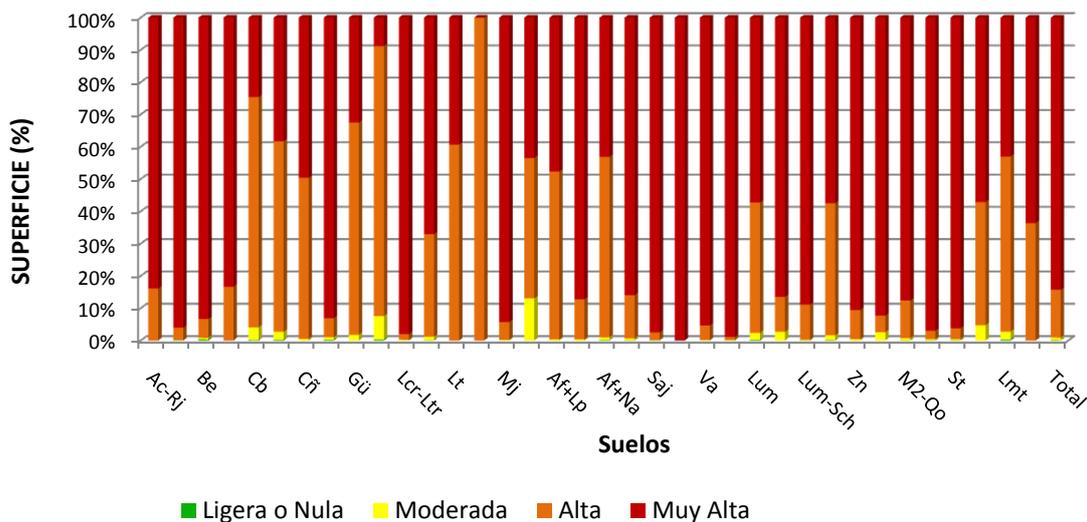
La superficie total para el área forestal de esta región agro-económica es de 256.832 ha. La mayor superficie (84,29%) presenta grado de erosión Muy Alta, luego Alta (14,80%) y un pequeño porcentaje de erosión Moderada (0,82%) y Ligera o Nula (0,09%).

Como se menciona en el párrafo anterior la mayoría de las asociaciones de suelos presentan gran parte de su superficie con grado de erosión Muy Alta o Alta.

**Tabla 45.** Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Sierras Subandinas.

<b>Superficie de EP (ha) según clasificación de FAO</b>					
<b>Asociaciones</b>	<b>Ligera o Nula</b>	<b>Moderada</b>	<b>Alta</b>	<b>Muy Alta</b>	<b>Total</b>
Ac-Rj	0	0	29	151	<b>180</b>
Ai	3	11	444	11054	<b>11512</b>
Be	63	104	1176	18689	<b>20031</b>
Cai	0	0	1	3	<b>4</b>
Cb	3	85	1541	533	<b>2162</b>
Cpi	33	490	11348	7372	<b>19244</b>
Cñ	0	3	267	266	<b>536</b>
Ep	1	3	24	381	<b>409</b>
Gü	0	9	331	164	<b>504</b>
Lcr	21	574	6592	697	<b>7884</b>
Lcr-Ltr	0	1	10	575	<b>586</b>
Lq-Lqc	8	116	3396	7168	<b>10688</b>
Lt	0	0	194	126	<b>320</b>
Lto	0	0	1	0	<b>1</b>
Mj	0	1	37	626	<b>664</b>
Qj	0	2	7	7	<b>16</b>
Af+Lp	0	4	617	566	<b>1187</b>
Af+Lp-Na	0	3	106	741	<b>850</b>
Af+Na	2	18	1145	884	<b>2049</b>
Sa	10	100	2303	14785	<b>17198</b>
Saj	1	3	68	2760	<b>2832</b>
Sl	0	0	0	6	<b>6</b>
Va	0	1	29	609	<b>638</b>
Eca	44	124	833	89649	<b>90650</b>
Lum	3	30	549	780	<b>1361</b>
Sag	0	1	6	44	<b>51</b>
Lum-Sch	1	5	249	2033	<b>2287</b>
Ere-Lum	6	95	2536	3568	<b>6204</b>
Zn	0	2	43	432	<b>477</b>
Rc	0	1	1	25	<b>27</b>
M2-Qo	6	62	1130	8492	<b>9691</b>
Sat-M2	17	158	1080	40143	<b>41398</b>
St	1	6	59	1660	<b>1725</b>
Pc	0	1	6	8	<b>15</b>
Lmt	10	84	1862	1480	<b>3436</b>
Ly	0	0	3	5	<b>8</b>
<b>Total</b>	<b>233</b>	<b>2098</b>	<b>38021</b>	<b>216481</b>	<b>256832</b>

**Gráfico 14.** Superficies de EP (en ha) por asociación de suelo en la Región de Sierras Subandinas.



### 7.3.4.2. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual detallada por suelo y en distintas pendientes

En las tablas y gráficos siguientes se muestran la susceptibilidad erosiva o erosión potencial (EP) de los suelos dominantes por grado de pendiente para las áreas forestales de esta región agro-económica. Además muestran la erosión actual (EA) para Forestación con Eucaliptus al primer (A1) y octavo (A8) año de implantación; realizados en terrazas (T), en curvas de nivel (CN) y sin prácticas de conservación (SP). Se consideró pendientes entre 5-15%.

Se observa que la asociación El Candado (Eca) es la que presenta mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, mientras que Los Toldos (Lto) es la que presenta la menor susceptibilidad. (Tabla 46).

La EA disminuye a medida que se realizan prácticas de conservación (cultivos en terrazas y en curvas de nivel en segundo lugar) y aumentan los años de implantación de la forestación. La menor pérdida se presenta al 8º año de implantación realizado terrazas y la mayor al 1º año y sin prácticas de conservación (Tabla 47). En los afloramientos la EA es igual a cero.



**Foto 15.** Forestación joven de Toona (*Toona sp*).



**Foto 16.** Forestación madura de Eucaliptus (*Eucaliptus sp*).



**Foto 17.** Forestación madura de Eucaliptus (*Eucaliptus sp*).

Se observa la escasa cobertura en la forestación joven. Sin embargo, cuando esta se ha desarrollado la cobertura es muy buena.

En el Gráfico 15 se aprecian los diferentes grados de erosión según el año de implantación y práctica de conservación para cada suelo dominante.

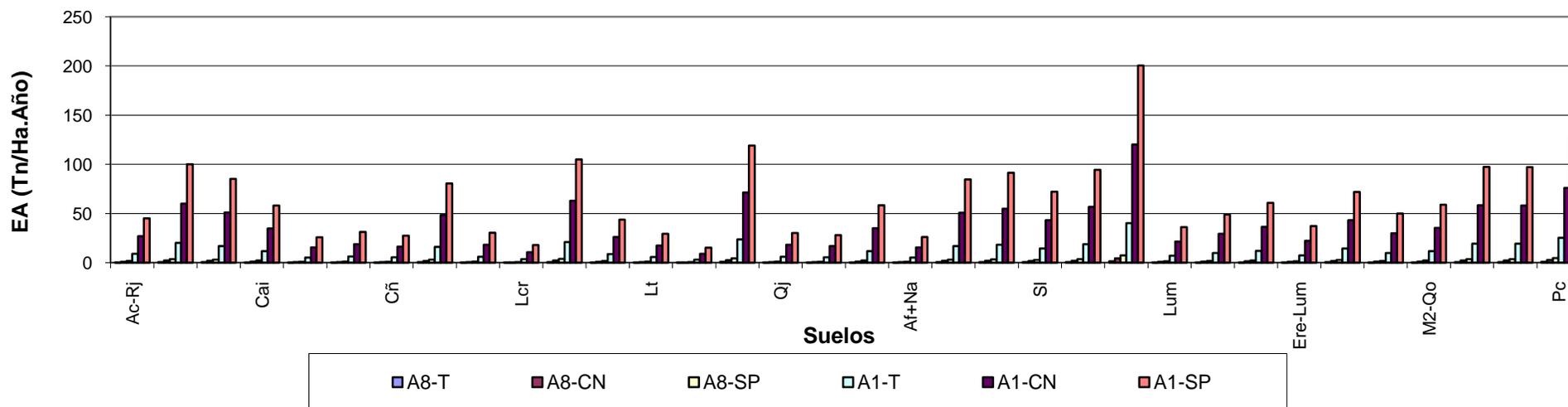
**Tabla 46.** EP (Mg/ha.año) por grado de pendiente y por asociaciones de suelo.

<b>Asociaciones</b>	<b>EP (Mg/Ha.Año)</b>
Ac-Rj	281
Ai	626
Be	532
Cai	363
Cb	162
Cpi	196
Cñ	171
Ep	504
Gü	190
Lcr	112
Lcr-Ltr	657
Lq-Lqc	273
Lt	183
Lto	95
Mj	744
Qj	189
Af+Lp	175
Af+Lp-Na	364
Af+Na	163
Sa	528
Saj	571
Sl	451
Va	590
Eca	1252
Lum	225
Sag	305
Lum-Sch	380
Ere-Lum	233
Zn	450
Rc	312
M2-Qo	367
Sat-M2	609
St	606
Pc	791
Lmt	223
Ly	278
<b>Media</b>	<b>724</b>

**Tabla 47.** EA para Forestación con Eucaliptus al 1° y 8° año de implantación y diferentes prácticas.

Asociaciones	ER (Mg/Ha.Año)					
	A8-T	A8-CN	A8-SP	A1-T	A1-CN	A1-SP
Ac-Rj	0,34	1	2	9	27	45
Ai	1	2	4	20	60	100
Be	1	2	3	17	51	85
Cai	0,44	1	2	12	35	58
Cb	0,19	1	1	5	16	26
Cpi	0,24	1	1	6	19	31
Cñ	0,21	1	1	5	16	27
Ep	1	2	3	16	48	81
Gü	0,23	1	1	6	18	30
Lcr	0,13	0,40	1	4	11	18
Lcr-Ltr	1	2	4	21	63	105
Lq-Lqc	0,33	1	2	9	26	44
Lt	0,22	1	1	6	18	29
Lto	0,11	0,34	1	3	9	15
Mj	1	3	4	24	71	119
Qj	0,23	1	1	6	18	30
Af+Lp	0,21	1	1	6	17	28
Af+Lp-Na	0,44	1	2	12	35	58
Af+Na	0,20	1	1	5	16	26
Sa	1	2	3	17	51	85
Saj	1	2	3	18	55	91
Sl	1	2	3	14	43	72
Va	1	2	4	19	57	94
Eca	2	5	8	40	120	200
Lum	0,27	1	1	7	22	36
Sag	0,37	1	2	10	29	49
Lum-Sch	0,46	1	2	12	36	61
Ere-Lum	0,28	1	1	7	22	37
Zn	1	2	3	14	43	72
Rc	0,37	1	2	10	30	50
M2-Qo	0,44	1	2	12	35	59
Sat-M2	1	2	4	19	58	97
St	1	2	4	19	58	97
Pc	1	3	5	25	76	127

**Gráfico 15.** EA para Forestación con Eucaliptus al 1º y 8º año de implantación y diferentes prácticas.



#### 7.3.4.3. Valores de Erosión Potencial y Erosión Actual para diferentes longitudes de pendientes

A continuación se observan la EP y EA para las diferentes prácticas y forestaciones consideradas en esta región agroeconómica por suelo dominante y para longitudes de 200, 300 y 500 metros. La erosión se incrementa al incrementarse la longitud y el grado de la pendiente.

**Tabla 48.** EP y EA para forestación con Eucaliptus al 1° y 8° año de implantación por asociaciones de suelo en longitudes de 200, 300 y 500 mts.

Asociaciones	Erosión (Mg/Ha.Año)																				
	EP			E8-T			E8-CN			E8-SP			E1-T			E1-CN			E1-SP		
	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500	L200	L300	L500
Ac-Rj	360	441	569	0,43	1	1	1	2	2	2	3	3	12	14	18	35	42	55	58	71	91
Ai	802	982	1268	1	1	2	3	4	5	5	6	8	26	31	41	77	94	122	128	157	203
Be	682	835	1078	1	1	1	2	3	4	4	5	6	22	27	34	65	80	103	109	134	172
Cai	465	570	736	1	1	1	2	2	3	3	3	4	15	18	24	45	55	71	74	91	118
Cb	207	254	327	0,25	0,30	0,39	1	1	1	1	2	2	7	8	10	20	24	31	33	41	52
Cpi	251	307	397	0,30	0,37	0,48	1	1	1	2	2	2	8	10	13	24	30	38	40	49	64
Cñ	219	268	346	0,26	0,32	0,42	1	1	1	1	2	2	7	9	11	21	26	33	35	43	55
Ep	645	790	1020	1	1	1	2	3	4	4	5	6	21	25	33	62	76	98	103	126	163
Gü	244	298	385	0,29	0,36	0,46	1	1	1	1	2	2	8	10	12	23	29	37	39	48	62
Lcr	144	176	227	0,17	0,21	0,27	1	1	1	1	1	1	5	6	7	14	17	22	23	28	36
Lcr-Ltr	841	1030	1330	1	1	2	3	4	5	5	6	8	27	33	43	81	99	128	135	165	213
Lq-Lqc	350	428	553	0,42	1	1	1	2	2	2	3	3	11	14	18	34	41	53	56	68	88
Lt	234	287	371	0,28	0,34	0,44	1	1	1	1	2	2	8	9	12	23	28	36	38	46	59
Lto	122	149	192	0,15	0,18	0,23	0,44	1	1	1	1	1	4	5	6	12	14	18	19	24	31
Mj	953	1167	1506	1	1	2	3	4	5	6	7	9	30	37	48	91	112	145	152	187	241
Qj	242	296	383	0,29	0,36	0,46	1	1	1	1	2	2	8	9	12	23	28	37	39	47	61
Af+Lp	224	275	354	0,27	0,33	0,43	1	1	1	1	2	2	7	9	11	22	26	34	36	44	57
Af+Lp-Na	466	571	737	1	1	1	2	2	3	3	3	4	15	18	24	45	55	71	75	91	118
Af+Na	209	256	331	0,25	0,31	0,40	1	1	1	1	2	2	7	8	11	20	25	32	33	41	53
Sa	676	828	1070	1	1	1	2	3	4	4	5	6	22	27	34	65	80	103	108	133	171
Saj	731	895	1155	1	1	1	3	3	4	4	5	7	23	29	37	70	86	111	117	143	185
Sl	578	707	913	1	1	1	2	3	3	3	4	5	18	23	29	55	68	88	92	113	146
Va	756	926	1196	1	1	1	3	3	4	5	6	7	24	30	38	73	89	115	121	148	191
Eca	1604	1964	2536	2	2	3	6	7	9	10	12	15	51	63	81	154	189	243	257	314	406
Lum	288	353	456	0,35	0,42	1	1	1	2	2	2	3	9	11	15	28	34	44	46	57	73
Sag	391	479	618	0,47	1	1	1	2	2	2	3	4	13	15	20	38	46	59	63	77	99
Lum-Sch	487	596	770	1	1	1	2	2	3	3	4	5	16	19	25	47	57	74	78	95	123
Ere-Lum	298	365	471	0,36	0,44	1	1	1	2	2	2	3	10	12	15	29	35	45	48	58	75
Zn	576	705	911	1	1	1	2	3	3	3	4	5	18	23	29	55	68	87	92	113	146
Rc	399	489	631	0,48	1	1	1	2	2	2	3	4	13	16	20	38	47	61	64	78	101
M2-Qo	470	576	744	1	1	1	2	2	3	3	3	4	15	18	24	45	55	71	75	92	119
Sat-M2	779	954	1232	1	1	1	3	3	4	5	6	7	25	31	39	75	92	118	125	153	197
St	776	951	1227	1	1	1	3	3	4	5	6	7	25	30	39	75	91	118	124	152	196
Pc	1012	1240	1601	1	1	2	4	4	6	6	7	10	32	40	51	97	119	154	162	198	256
Lmt	285	350	451	0,34	0,42	1	1	1	2	2	2	3	9	11	14	27	34	43	46	56	72
Ly	356	437	564	0,43	1	1	1	2	2	2	3	3	11	14	18	34	42	54	57	70	90

#### 7.3.4.4. Valores de Erosión Actual según el tipo de cultivo en combinación con diferentes prácticas de conservación

La **Tabla 49** muestra la EA promedio para las diferentes condiciones de prácticas y forestación (secuencia), según año de implantación. Se observa que los mayores valores de pérdida de suelos se presentan cuando la forestación esta en el primer año de implantación y no se realizan prácticas conservacionistas (A1-SP) y la menor pérdida en el octavo año y se realizan en terrazas (A8-T). La EA en la forestación sin práctica al octavo año es notablemente menor que en la forestación al primer año, aún realizadas en terrazas. Como se observa lo aconsejable es iniciar la forestación con terrazas (A1-T).

**Tabla 49.** EA por grado de pendiente para Forestación con Eucaliptus según año de implantación y prácticas de conservación.

<b>Secuencias</b>	<b>EA (Mg/Ha.Año)</b>
<b>A8-T</b>	<b>0,48</b>
<b>A8-CN</b>	<b>1</b>
<b>A8-SP</b>	<b>2</b>
<b>A1-T</b>	<b>13</b>
<b>A1-CN</b>	<b>39</b>
<b>A1-SP</b>	<b>64</b>

#### 7.3.5. En General

##### 7.3.5.1. Superficies de EP por Región Agro-económica según clasificación de FAO

La **Tabla 50** muestra la superficie, en hectáreas y porcentajes, según grado de erosión de las regiones agro-económicas presentes en la ACRB en la provincia de Salta y que suman 1.821.226 ha de las cuales el 75% presenta grado de erosión Muy Alta.

La región de Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales, la cual posee tierras con aptitud ganadera e incluye áreas correspondientes a la Selva Montana y Bosque Montano y cuya actividades principales son la ganadería y la extracción forestal de leña, carbón y madera, es la que presenta el mayor de superficie dentro de la ACRB en la provincia de Salta (1.269.698 ha) de las cuales el 88% presenta grado de erosión Muy Alta. Sí bien en la región de Puna y Altoandino con Ganadería menor y Camélidos tiene un clima árido y las precipitaciones son escasas, es la segunda región en superficie (237.595 ha) de las cuales el 92% presenta erosión Muy Alta. En las regiones donde se lleva a cabo una intensa actividad agrícola ganadera como son la región de Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia (193.782 ha), Valles Templados de Producción Intensiva (98.708 ha) y la región de Umbral al Chaco (21.444 ha) presentan la mayor parte con grado de erosión Nula o Ligera y Moderada.

**Tabla 50.** Superficies de EP según clasificación de FAO por Región Agro-Económica.

Región Agro-Económica	Superficie de EP Según clasificación de FAO								Total	
	Nula o Ligera		Moderada		Alta		Muy Alta			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<b>Valles Templados</b>	29614	30	41742	42	12289	12	15064	15	98708	100
<b>Puna y Altoandino</b>	182	0	1681	1	16550	7	219183	92	237595	100
<b>Pedemonte</b>	46022	24	84266	43	40249	21	23244	12	193782	100
<b>Sierras Subandinas</b>	12310	1	45066	4	95898	8	1116423	88	1269698	100
<b>Umbral al Chaco</b>	10430	49	9015	42	1675	8	325	2	21444	100
<b>Total</b>	98557	5	181769	10	166662	9	1374239	75	1821226	100

### 7.3.5.2. EP por Región Agro-económica y por grado de pendiente

La **Tabla 51** muestra la EP por región agro-económica y por pendientes.

El 97% de la superficie de la región de Umbral al Chaco y Chaco con Riego Producción Extensiva presenta pendientes menores al 5% y es la que menor EP presenta en los diferentes grados de pendientes. En contraposición la región de Laderas Orientales de la Puna y Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales es la que presenta mayores valores de EP en los diferentes grados de pendientes con el 90% de la superficie con pendientes mayores al 5%.

**Tabla 51.** EP por Región Agro-Económica.

Región Agro-económica	Pendientes								
	0-5%	ha	%	5-15%	ha	%	Mayor 15%	ha	%
<b>Valles Templados con cultivos intensivos</b>	21	78174	79	275	11598	12	1667	8937	9
<b>Puna y Altoandino con ganadería menor y camélidos</b>	22	1183	0	122	14384	6	1093	222028	93
<b>Pedemonte con cultivos subtropicales y de primicia</b>	38	169138	87	413	20531	11	1598	4111	2
<b>Laderas Orientales de la Puna y Sierras Subandinas con ganadería y forestales</b>	87	126381	10	721	258349	20	3913	884967	70
<b>Umbral al Chaco y Chaco con riego producción extensiva</b>	16	20778	97	214	560	3	535	105	0

## 7.4. Peso de los factores que determinan la Erosión Potencial

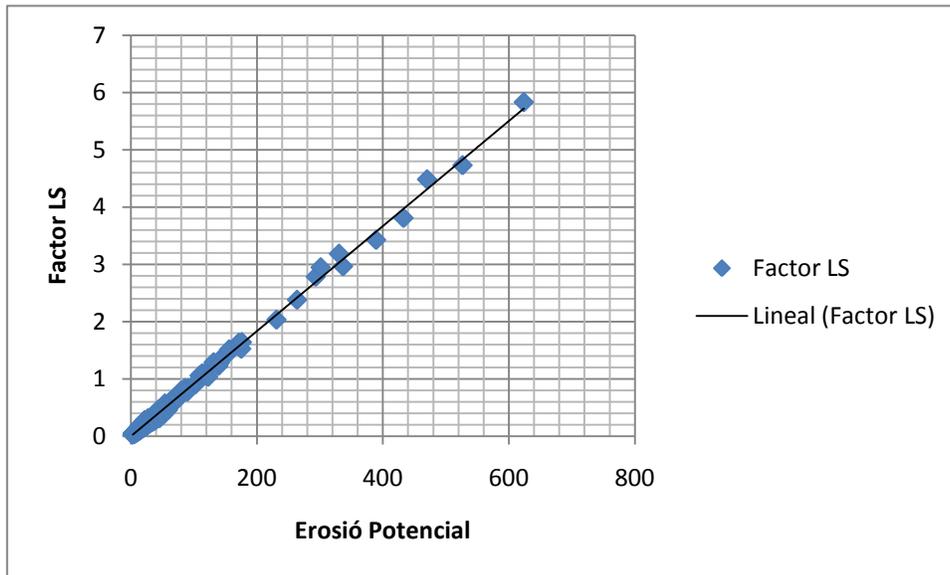
Mediante análisis de correlación se determinó el peso relativo de los distintos factores sobre el valor final de la erosión potencial. De esta manera se comprobó que el Factor LS tuvo un efecto decisivo sobre el valor final de erosión potencial en las regiones de Umbral al Chaco con Producción Intensiva a Secano (**U-CH**), Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia (**P**), Valles de Producción Intensiva (**V-I**) y Puna y Altoandino con Ganadería Menor y Camélidos (**P-A**) con valores del factor de correlación de 1 (Figura 23) 0,94 (Figura 24) 0,91 (Figura 25) y 0,97 (Figura 27) respectivamente. Sólo en el caso de la región de Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales (**S-S**) el Factor R fue el de mayor peso, sin

embargo, el valor de correlación de este factor fue de 0,56 (Figura 26) que resultó menor al obtenido en V-I (0,64), ver Tabla 52.

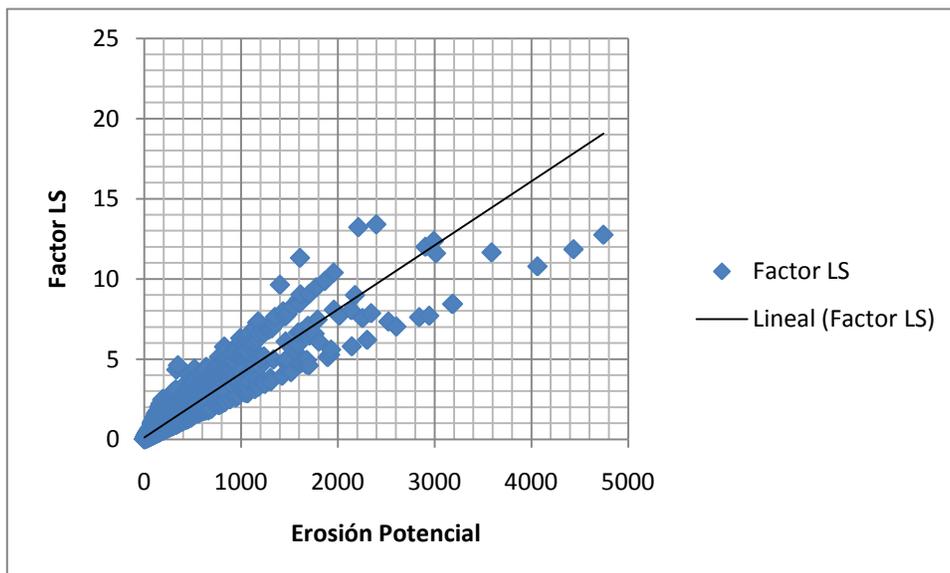
**Tabla 52.** Correlación Lineal (r) os factores según región agroeconómica.

Factor	Región Agroeconómica				
	U-CH	P	V-I	S-S	P-A
Factor R	0,40	0,26	0,64	0,56	0,42
Factor K	-0,12	0,14	0,05	0,31	-0,08
Factor LS	1,00	0,94	0,91	0,46	0,97

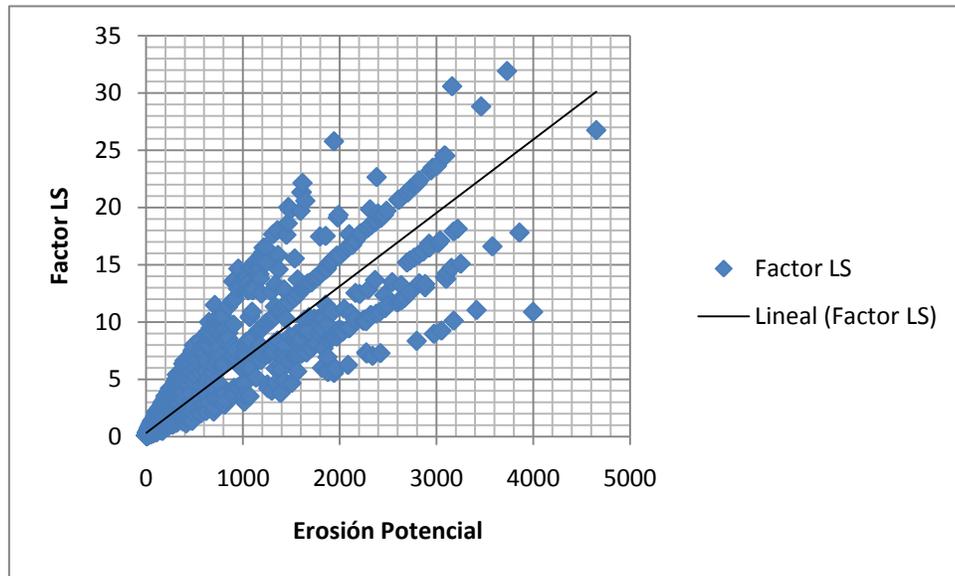
**Figura 23.** Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Umbral al Chaco.



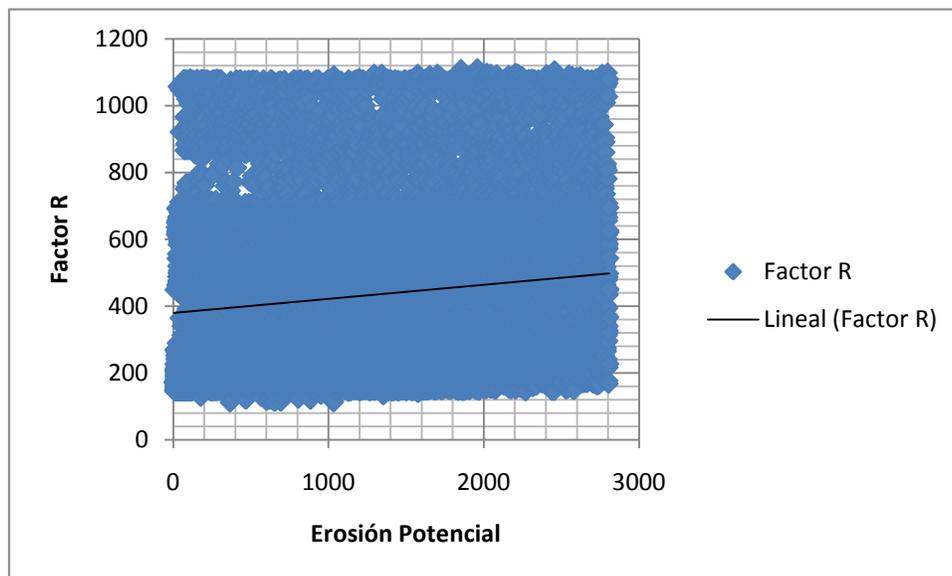
**Figura 24.** Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Pedemonte.



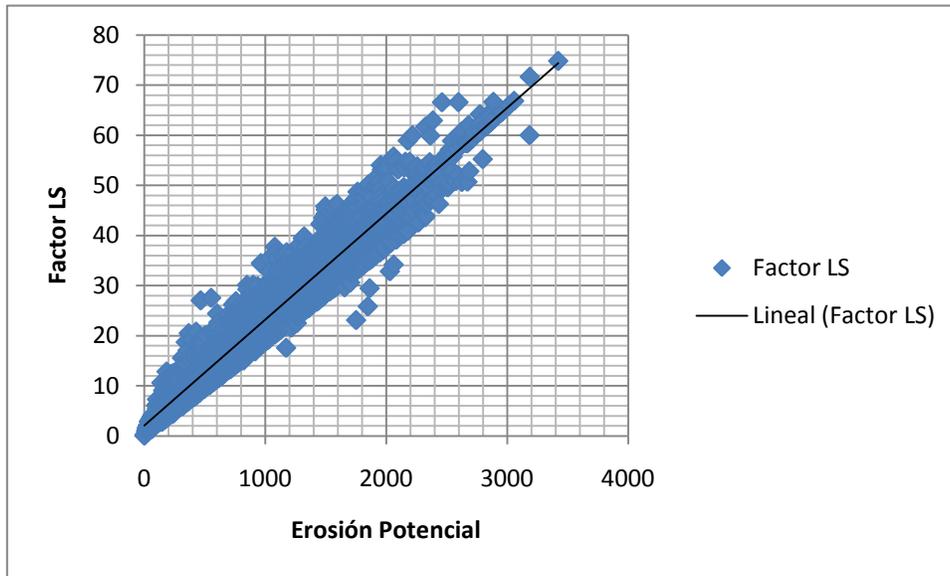
**Figura 25.** Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Valles de Producción Intensiva.



**Figura 26.** Correlación lineal entre el factor R y Erosión Potencial en la región de Sierras Subandinas.



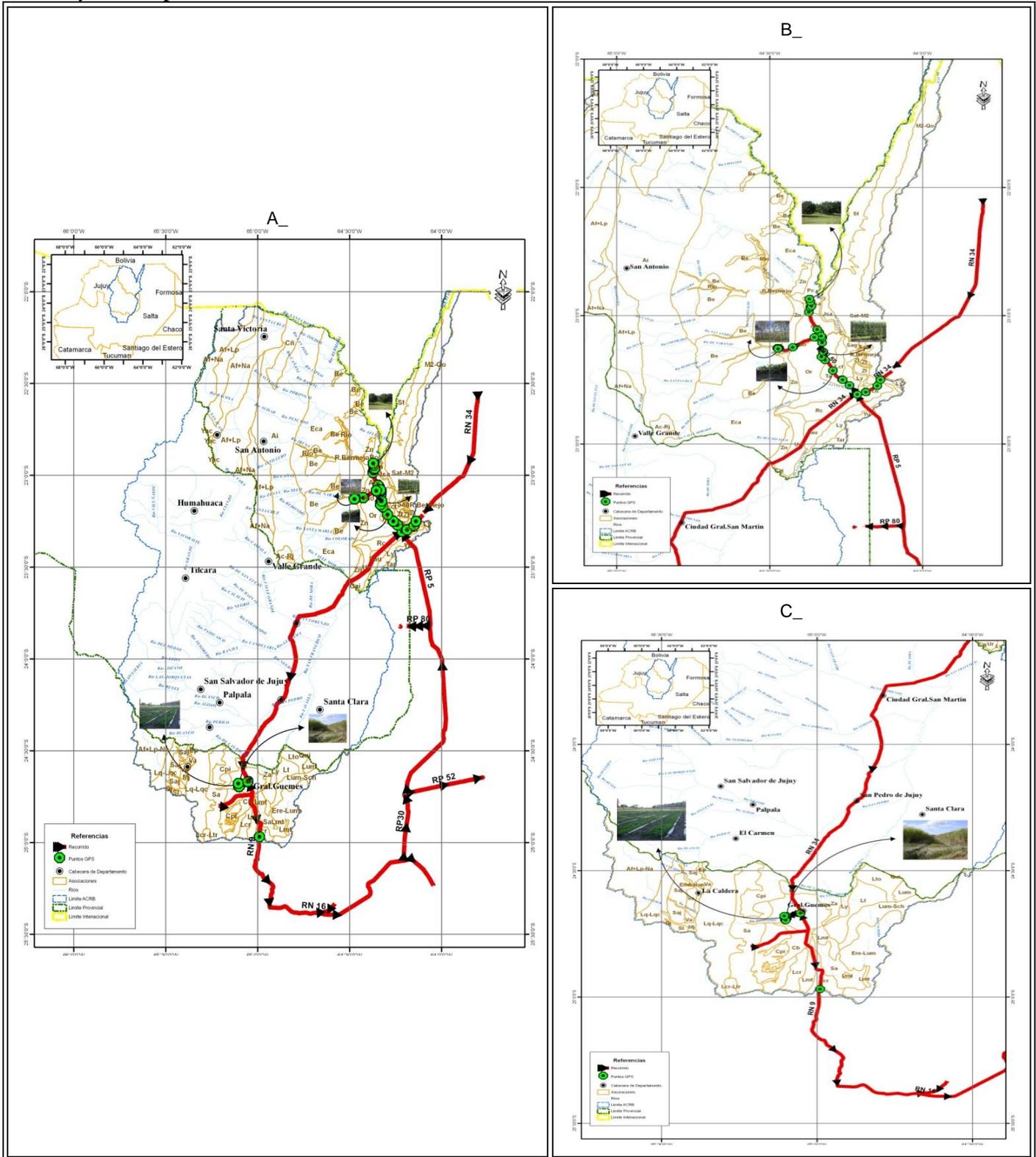
**Figura 27.** Correlación lineal entre el factor LS y Erosión Potencial en la región de Puna y Altoandino.



### 7.5. Observación a Campo

Obtenido los valores de Erosión Hídrica Potencial y Actual, se llevó a cabo un recorrido a campo por los lugares más representativos del área de estudio, como por ejemplo algunos sectores del Chaco salteño y algunas zonas de Yungas, especialmente las áreas de intensa actividad agrícola (**Figura 28**). Éste consistió en observaciones directa del ambiente, la cobertura, usos y manejo del suelo, con su posterior registro mediante cámaras digitales y Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

**Figura 28.** Recorrido realizado para el chequeo a campo. A\_ Recorrido General, B\_ Ampliación zona Norte y C\_ Ampliación zona Sur.



Después de un recorrido por la región de Chaco Semiárido (correspondiente a la cuenca inferior del río Bermejo) se llegó a la asociación Pichanal (Pch) perteneciente a la “Región de Umbral al Chaco”. (Ver Foto 18 y Figura 28 B).

**Foto 18.** Fotografías correspondientes a las observaciones realizadas a la Región de Umbral al Chaco.

	
<p><b>Asociación:</b> Pichanal (Pch).  <b>Ubicación:</b> Lat 23° 16' 25" S, Long 64° 8' 52.44" W  <b>Descripción:</b> Cultivo de soja con riego, labranza convencional y sistematización con terrazas</p>	<p><b>Asociación:</b> Pichanal (Pch).  <b>Ubicación:</b> Lat 23° 16' 25" S, Long 64° 8' 52" W  <b>Descripción:</b> Cultivo de cártamo a orillas de la ruta. Tienen el objetivo de disminuir las malezas y en la mayoría de los casos son aprovechados.</p>
	
<p><b>Asociación:</b> Pichanal (Pch).  <b>Ubicación:</b> Lat 23° 17' 47.9" S, Long 64° 11' 6.76" W  <b>Descripción:</b> Trigo sobre barbecho de soja (cultivado con riego, labranza convencional y sistematización con terrazas). Este cultivo es sembrado con el objetivo mejorar las condiciones del suelo después de un cultivo degradante como la soja, sin embargo, en años con buena humedad remanente en el suelo puede llegar a cosecha.</p>	

Luego se recorrió la ruta nacional nº 50 ingresando así a la "Región de Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia". (Ver **Foto 19** y **Figura 28 B**).

**Foto 19.** Fotografías correspondientes a las observaciones realizadas a la Región de Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia.



**Asociación:** Tartagal (Ta).

**Ubicación:** Lat 23° 14' 59.6" S, Long 64° 15' 39.5" W

**Descripción:** Sistematización (canales de riego en pendientes no erosivas) para cultivo de caña de azúcar.



**Asociación:** Tartagal (Ta).

**Ubicación:** Lat 23° 14' 55.5" S, Long 64° 15' 46.1" W

**Descripción:** Cultivo joven de caña de azúcar. Al fondo se observa vegetación natural correspondiente a la región fitogeográfica de Pedemonte.



**Asociación:** Tartagal (Ta).

**Ubicación:** Lat 23°14' 59.6" S, Long 64° 15' 39.5" W

**Descripción:** Cultivo maduro de caña de azúcar.



**Asociación:** Orán (Or)

**Ubicación:** Lat 23° 3' 54.83" S, Long 64° 20' 16.3" W

**Descripción:** Plantación de citrus.



**Asociación:** Orán (Or)

**Ubicación:** Lat 22° 57' 45.9" S, Long 64° 21' 45.8" W

**Descripción:** Cultivo de hortalizas.



**Asociación:** Orán (Or)

**Ubicación:** Lat 22° 56' 47.4" S, Long 64° 22' 11.5" W

**Descripción:** Plantación de banano.

Finalmente se visitó la ciudad de General Güemes y localidades a su alrededor para observar los cultivos representativos de la “Región de Valles Templados”. (Ver **Foto 20** y **Figura 28 C**)

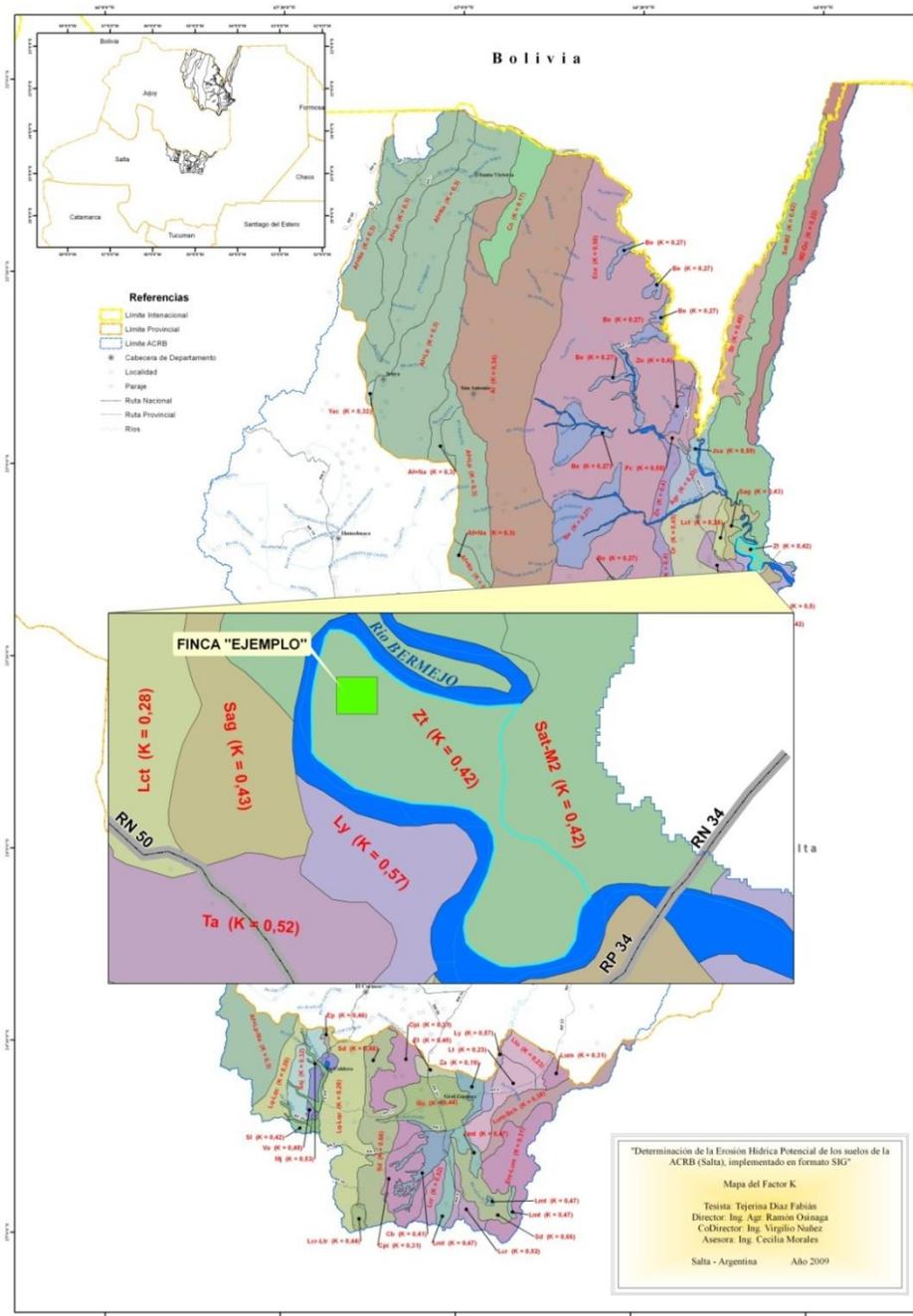
**Foto 20.** Fotografías correspondientes a las observaciones realizadas a la Región de Valles Templados.

	
<p><b>Asociación:</b> Güemes – Mojotoro – Betania (Gü)  <b>Ubicación:</b> Lat 24° 40'46.9" S, Long 65° 6' 18.07" W  <b>Descripción:</b> Cultivo de tabaco en labranza convencional.</p>	<p><b>Asociación:</b> Güemes – Mojotoro – Betania (Gü)  <b>Ubicación:</b> Lat 24° 41' 16.8" S, Long 65° 5' 47.9" W  <b>Descripción:</b> Cultivo de caña de azúcar. Al fondo se observan las chimeneas del Ingenio azucarero San Isidro.</p>

## 8. EJEMPLO PRÁCTICO PARA EL USO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS SIMULACIONES

El presente ejemplo expone los aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta para optimizar el uso de la información contenida en la sección “7.3. **Simulaciones para escenarios alternativos de uso de los suelos y prácticas para áreas Agrícolas y Forestales según Región Agroeconómica**”. Para ello vamos a considerar una finca “EJEMPLO” ubicada en la unidad de suelo Zenta (Zt) y en la región Agro-económica de Umbral al Chaco. (**Figura 29**).

**Figura 29.** Ubicación geográfica de Finca "EJEMPLO".



Podemos conocer la unidad de suelo y Región Agro-económica a la que corresponde dicha finca si contamos con las coordenadas geográficas, las cuales se obtienen fácilmente con un GPS. Luego se puede ubicarla con el mapa del **Anexo 5** y **Anexo 6**. De la presente Tesina extraemos la siguiente información:

- En términos generales, de **Tabla 23** vemos que el suelo Zn abarca una superficie de 442 ha en la región de Umbral al Chaco de las cuales la mayor parte (202 ha) presenta un grado de erosión Moderado.
- De **Tabla 24** obtenemos que la EP en pendientes menores a 0,5% es Nula o Ligera (2 Mg/ha.año), de 12 Mg/ha.año en pendientes entre 0,5 y 2% (erosión Moderada). Finalmente en pendientes entre 2 y 5% la EP es Alta (52 Mg/ha.año).

- De **Tabla 25** obtenemos la EA en pendientes menores a 0,5% según el tipo de cultivo y práctica que se decida hacer en dicho suelo. Así por ejemplo un cultivo de Maíz en rotación con soja y realizados con labranza convencional y sin prácticas de conservación (**MS-C-SP**) tendrá una erosión de 0,67 Mg/ha.año.

- Continuando con el ejemplo, de **Tabla 26** obtenemos que la EA para un cultivo de **MS-C-SP** en pendientes entre 0,5 y 2% es de 5 Mg/ha.año. Finalmente de **Tabla 27** vemos que en pendientes entre 2 y 5% la erosión para este cultivo y práctica es Moderada (23 Mg/ha.año).

- En el supuesto caso de que se quiera habilitar tierras para la agricultura y por lo tanto sea necesario dejar cortinas forestales de vegetación natural; de las tablas se puede obtener la EP y EA para diferentes longitudes y para pendientes entre 0,5 y 2% (**Tabla 28**), y 2 y 5% (**Tabla 29**). Se observa que para pendientes entre 0,5 y 2% la erosión es Nula o Ligera para longitudes de 200, 300 y 500 mts (EP de 6, 7 y 8 Mg/ha.año respectivamente).

- En pendientes entre 2 y 5% la erosión es Moderada, con una EP de 27 Mg/ha.año para una longitud de 200 mts, de 32 Mg/ha.año para una longitud de 300 mts y de 38 Mg/ha.año para una longitud de 500 mts.

- Finalmente de la **Tabla 30** se obtienen las diferentes alternativas de cultivo y práctica de conservación en diferentes grados de pendientes. Vemos que la combinación de uso y manejo que produce la menor erosión es la de soja en rotación con maíz en siembras directas, realizados en terraza (**MS-SD-T**). En contraposición, el cultivo de soja en rotación con maíz, realizados en forma convencional y sin prácticas de conservación es la combinación que produce mayor degradación.

## 9. CONCLUSIÓN

Este trabajo permite obtener una visión a gran escala dentro de la ACRB en la provincia de Salta, de las áreas prioritarias tanto para su planificación y manejo (Ordenamiento Territorial y Ambiental Sustentable) como así también para identificación de áreas críticas en las cuales será necesario un estudio más detallado para evaluar la implementación de prácticas para el control de la erosión hídrica (Medidas de Mitigación). Por lo tanto, cuando se utilice debe recordarse que se usó como información base el mapa de suelos a escala 1:500.000 y debe utilizarse como complemento de otros a escala de mayor detalle.

Asimismo, el estudio “Los Suelos del N.O.A” desde su edición a la fecha ha sido y es **consultada permanentemente** por profesionales dedicados al estudio, aprovechamiento y manejo de los recursos naturales. Por lo que los resultados de esta Tesina serán un complemento de dichas consultas.

Se utilizó como base información georreferenciadas para su utilización en SIG. Se pueden mencionar el mapa de isohietas de Bianchi y Yáñez (1994), el mapa y libro de Los Suelos del NOA de Nadir y Chafatinos (1995) y los valores del factor C (tanto para vegetación natural como para diferentes cultivos) obtenidos a través de experimentos a campo. Otra información utilizada es la proveniente de herramientas sofisticadas y de gran precisión en la obtención de datos como son los satélites espaciales y su posterior análisis en SIG (de estos surgen los Modelos Digitales de Elevación, MDM y las imágenes de cobertura terrestre). Esto sumado al asesoramiento de profesionales en utilización de la herramienta SIG, y de aquellos conocedores y con experiencia de campo se logró generar información ordenada y correctamente distribuida en el espacio (georreferenciada) y por sobre todo acorde con la realidad.

La principal ventaja del modelo USLE es poder formular escenarios que permitan estimar la tasa de erosión para diferentes usos (coberturas agrícolas) en combinación con diferentes tecnologías (manejos y prácticas de conservación).

Esta información georreferenciada obtenida en el estudio permite contar con una herramienta para desarrollar una **Planificación y Ordenamiento Territorial y Ambiental Sustentable**, tanto por

organismos estatales provinciales o nacionales, como por productores y asociaciones de productores (habida cuenta que en el área de estudio predominan en la parte este productores grandes como el Ingenio El Tabacal con miles de hectáreas bajo riego y a secano) ya que pone de manifiesto las combinaciones de uso y manejo, clima, suelo y topografía del lugar. Además, se entiende que es una herramienta para contribuir a dar cumplimiento y usar en la fiscalización de la Ley de “Conservación y Recuperación de la Capacidad Productiva de los Suelos” n° 22.428 (Decreto Nacional 681/81) y su reglamentación así como a la protección de los Recursos Naturales en lo relacionado al uso y conservación (Ley 7070/00 Título IV Capítulo V), o para la obtención de estímulos establecidos en el artículo 162 de la Ley 7070.

La identificación de las áreas de mayor vulnerabilidad por subcuencas y aún en más detalle, por asociación de suelo, así como la determinación de los factores de mayor influencia en el valor final de erosión, son claves para establecer las pautas a seguir para el control de la erosión. Estas se concretarían prestando atención preferente en disminuir el valor del factor LS (Factor topográfico) en las regiones de Umbral al Chaco con Producción Intensiva a Secano, Puna y Altoandino con Ganadería Menor y Camélidos, Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia y Valles de Producción Intensiva; y el factor R en la región de Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales.

Uno de los factores de difícil cálculo es el R, en primer lugar porque no existen suficientes registros pluviográficos para el cálculo correcto de la energía cinética e intensidad de las precipitaciones. En segundo lugar, tampoco se encontró en la bibliografía una fórmula local con la que se pueda estimar este valor para una extensa área como la ACRB. Esto se convierte en una de la principal debilidad en el presente trabajo ya que, el valor del factor R es el más significativo y una pequeña variabilidad en este afecta en gran medida al valor final de Erosión.

Se debe considerar que, como se mencionó en este y en otros trabajos, el modelo USLE sólo permite predecir la pérdida de suelos en función de los factores naturales en los que puede (coberturas y prácticas de conservación) o no (suelo, clima y relieve) intervenir el hombre y no considera fenómenos como depositación y transporte de sedimentos.

## 10. RECOMENDACIONES

En las regiones agroeconómicas como en las regiones de Umbral al Chaco con Producción Intensiva a Secano, Puna y Altoandino con Ganadería Menor y Camélidos, Pedemonte con Cultivos Subtropicales y de Primicia y Valles de Producción Intensiva donde el Factor LS tiene mayor peso, se podría disminuir el grado de erosión con la implementación de prácticas de conservación que modifiquen la longitud de la pendiente; lo que ocurriría en menor medida en las regiones donde el Factor R tiene mayor peso (región de Sierras Subandinas con Ganadería y Forestales) ya que éste depende de las precipitaciones. En este último caso la mejor solución para disminuir la erosión podría ser mejorar la cobertura natural o forestaciones para disminuir el impacto de las gotas de lluvias.

La pendiente es un factor importante en la USLE ya que como se observó en los resultados, la pérdida de suelo aumenta al aumentar la pendiente. Sin embargo, también se observó que el tipo de cobertura la disminuye considerablemente y más aun si ésta está complementada con alguna sistematización. En las áreas agrícolas la erosión potencial en pendientes menores al 0,5% es nula o ligera (menor a 10 Mg/ha.año) pero en pendientes mayores la erosión comienza a ser significativa; por lo tanto se debe considerar una buena cubierta y tipo de manejo para hacer uso de estas tierras y a los que se debe complementar, de ser necesario, con sistematizaciones.

En la región de Umbral al Chaco, especialmente en las asociaciones Lavayén (Ly), Pichanal (Pch), Orán (Or) y San Antonio-Madrejones2 (Sat-Mj2) que presentan la mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, se recomienda realizar rotaciones con maíz u otro cultivo que deje una buena cobertura que proteja al suelo después de cultivos que degradan como la soja o el poroto. En el mejor de los casos, estos cultivos de época estival pueden complementarse con cultivos de invierno (trigo, avena) que también proporcionan cobertura al suelo y que además resulta muy rentable en lugares donde se

realizan a secano por su bajo costo de producción. Por último, se recomienda los cultivos en siembra directa ya que disminuye la erosión considerablemente.

En áreas tabacaleras la región agroeconómica de Valles Templados con Cultivos Intensivos al implementar la plantación directa de tabaco disminuiría considerablemente la erosión hídrica. Este es un método que no ha sido muy difundido actualmente entre los productores y menos aun puesto en práctica, pero que experimentalmente ha dado buenos resultados.

En cultivos de cítricos o forestaciones jóvenes realizar el control de malezas pero sin labranzas convencionales ayuda a mantener una buena cobertura del suelo, por lo tanto, a disminuir la erosión.

En áreas aptas para forestación, la erosión es muy alta hasta los 8 años. En este caso se debe hacer énfasis en la sistematización con terrazas o curvas de nivel hasta que se logre una buena cobertura.

De los factores de la USLE el L, C y el P son los que pueden ser manipulados por el hombre y los que nos dan el valor final de erosión. Sin embargo, muchas veces por razones agroecológicas, de mercado, de rentabilidad, no es posible modificar el tipo de cultivo. En estos casos, y como lo muestran los resultados de erosión utilizando diferentes valores de longitudes de pendientes, dividir los campos en tramos más cortos es una solución posible para reducir el grado erosión.

En toda la ACRB la erosión hídrica aumenta exponencialmente en relación al grado de pendiente. En este sentido en los lugares con pendientes pronunciadas como la región de Sierras Subandinas y especialmente en las subcuencas Alisar-Porongal, Los Toldos-Lipeo-Baritú y Condado (que presentan más del 90% de su superficie con pendientes mayores al 15%) y donde la sistematización se torna económicamente poco factible se recomienda hacer énfasis en el tipo y cuidado de cobertura para disminuir el grado de erosión.

Finalmente, la solución al problema de la erosión hídrica y todas sus consecuencias, no es un dilema de que si el problema está en la cabecera de las cuencas o está en las áreas agrícolas. La solución está y como muchos idóneos en la materia lo han dicho, en el cuidado de cada hectárea donde se puede realizar distintas actividades productivas y está en los que tienen el poder de tomar decisiones para darle un uso y manejo adecuado a las mismas; porque todo es parte de un mismo sistema donde el mal manejo de uno inevitablemente afectará al otro.

## **11. SOFTWARE**

**GW-BASISC 2.02.** Yáñez, C. y Fontognal, D. (INTA - SALTA). Formateado por Brandan, E. M. (Proyecto 147 – Concejo de Investigación. Universidad Nacional de Salta).

## **12. BIBLIOGRAFÍA**

**AGUILO BONNIN, J; V CASTILLO SÁNCHEZ; J INSÚA ORTIZ DE URBINA; R LLOP POMAREZ; F LÓPEZ CADENA DEL LLANO et. al. 1984.** “Metodología para la evaluación de la Erosión Hídrica”. MOPU. Dirección General de Medio Ambiente. Madrid, España.

**ALERTA AMARILLO. 1995.** “El Deterioro de las Tierras Argentinas”. Consejo Federal Agropecuario. SAGIP. Buenos Aires, Argentina.

**BIANCHI, AR y JN VOLANTE. 2005.** “Mapa Digital de Precipitación Media Anual del NOA”. INTA. Estación Experimental Agraria Salta. Argentina.

**BRAVO, G; A BIANCHI; J VOLANTE; S ALDERETE SALAS; G SEMPRONII et. al. 2005.** “Regiones Agroeconómicas de Salta y Jujuy”. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Argentina.

**CASAS, RR Y AE GLAVE. 1990.** “Manejo de suelos en regiones Semiáridas”. FAO Santiago, Chile.

**CABRERA, AL. 1976.** “Regiones Fitogeográficas Argentinas”. Enciclopedia de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires, Argentina.

**CASANOVA PM. 2006.** “Conservación de Suelos: Predicción de la Erosión Hídrica Vía Modelo U.S.L.E.”. Chile. En [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_agronomicas/c20036413224\\_con\\_usle\\_2003.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c20036413224_con_usle_2003.pdf)

**ELENA, H Y C CABRAL. 2005.** “Modelo digital de Elevación del Noroeste Argentino”. INTA. Estación Experimental Agraria Salta. Argentina.

**GARCÍA RODRÍGUEZ, JL. 2007.** “TEMA 17: Modelos paramétricos. Modelo U.S.L.E. y modelo R.U.S.L.E.”. Unidad Docente de Hidráulica e Hidrológica Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/hidrologiade-superficies-y-conservacion-de-suelos/ocw-jose-luis-pdf/Tema17.pdf/view>.

**GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE SALTA. Dirección General de Estadísticas.** “Anuario 2006 – avance 2007”. Argentina.

**HANSEN, M; R DEFRIES; J TOWNSHEND; M CARROLL. 2006.** “Vegetation Continuous Fields MOD44B, 2001 Percent Tree Cover”. Collection 4. University of Maryland, College Park, Maryland, 2001.

**HERRERA, A Y G VILLANUEVA. 1994.** “Capacidad Erosiva de las lluvias o Coeficiente “R” de la Ecuación Universal de Pérdida de suelos en la provincia de Salta”. Concejo de Investigación. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

**LIM, KJ; SAGONG, M; ENGEL, BA; TANG, Z; CHOI, J; KIM, K. 2005.** "GIS-based sediment assessment tool". Catena, Volumen 64, Tema 1, Noviembre de 2005, pg. 61-80.

**MÁRMOL, LA. 2006.** "Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas y Corrección de Torrentes". Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

**MÈNEZ MM. 2005.** "Estimación de la Erosión del Suelo". México. En [http://www.sagarpa.gob.mx/v1/desarrollorural/apoyos\\_dir/files/presentaciones/04estim-eros-sue.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/v1/desarrollorural/apoyos_dir/files/presentaciones/04estim-eros-sue.pdf)

**NADIR, A Y T CHAFATINOS. 1990.** "Los Suelos del NOA "(SALTA Y JUJUY). Tomos 1, 2,3 Dirección de publicaciones y impresiones de la Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

**INTA. 2006.** Mapa de Suelos del estudio "Los Suelos del NOA" en formato analógico y digital (escala 1:500.000). Laboratorio de Teledetección de la E.E.A. Salta INTA Cerrillos. Argentina.

**NÚÑEZ, V. 2006.** "Clase oral y pública. II erosión hídrica y degradación. 6. Erosión hídrica I". IRNED, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. Inédito.

**OEA. 1977.** "Cuenca del Plata. Estudio para su planificación y desarrollo. República Argentina. Cuenca del Bermejo. Tomo II Cuenca Superior". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1994.** "Erosión de Suelos en América Latina". Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

**PAOLI, H; J MASIARO; H ELENA; F LEDESMA y Y NOÉ. 2009.** "Caracterización de las Cuencas Hídricas de Salta y Jujuy". INTA. Estación Experimental Agraria Salta. Salta, Argentina.

**PARENT G; J TRANCIA y RS VALLEJO. 2001.** "Procesos y Consecuencias de la Erosión Hídrica de los Suelos". Conferencia Magistral. II Foro Internacional. Los aprovechamientos Forestales en Selvas y Relación con el Ambiente. Mexico. En [www.fs.fed.us](http://www.fs.fed.us)

**PEA EL 6.1. 1999.** "Programa Estratégico de Acción para la Cuenca del Río Bermejo".

**PROYECTO GCP/RLA/107/JPN. 1992.** "Taller de Erosión de Suelos en América Latina". Santiago de Chile, Chile.

**RAFAELLI, S. 2003.** "Paisaje erosivo en cuencas de montaña. Modelación con extrapolación ascendente". Tesis de doctorado en Ciencias de la Ingeniería. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

**REBORATTI, C. 1998.** "El Alto Bermejo, Realidades y Conflictos". Editorial La Colmena. Buenos Aires, Argentina.

**ROJAS, A y A CONDE. 1985.** "Estimación del Factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo para el Centro Este de la República Argentina". Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 3 (1-2): págs. 85-94.

**DIRECCIÓN DE BOSQUES.** Diciembre de 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo en Argentina. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Sustentable. Actualizado en el Laboratorio de Teledetección y SIG. INTA Estación Experimental Agraria Salta. 2006.

**VICH, AIS. 1987.** “Degradación de Tierras: Erosión Hídrica, Procesos, Cuantificación, y Predicción”. Cátedra de Hidrografía y Centro de Estudios Interdisciplinarios de los Recursos Naturales (CEIARN). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.

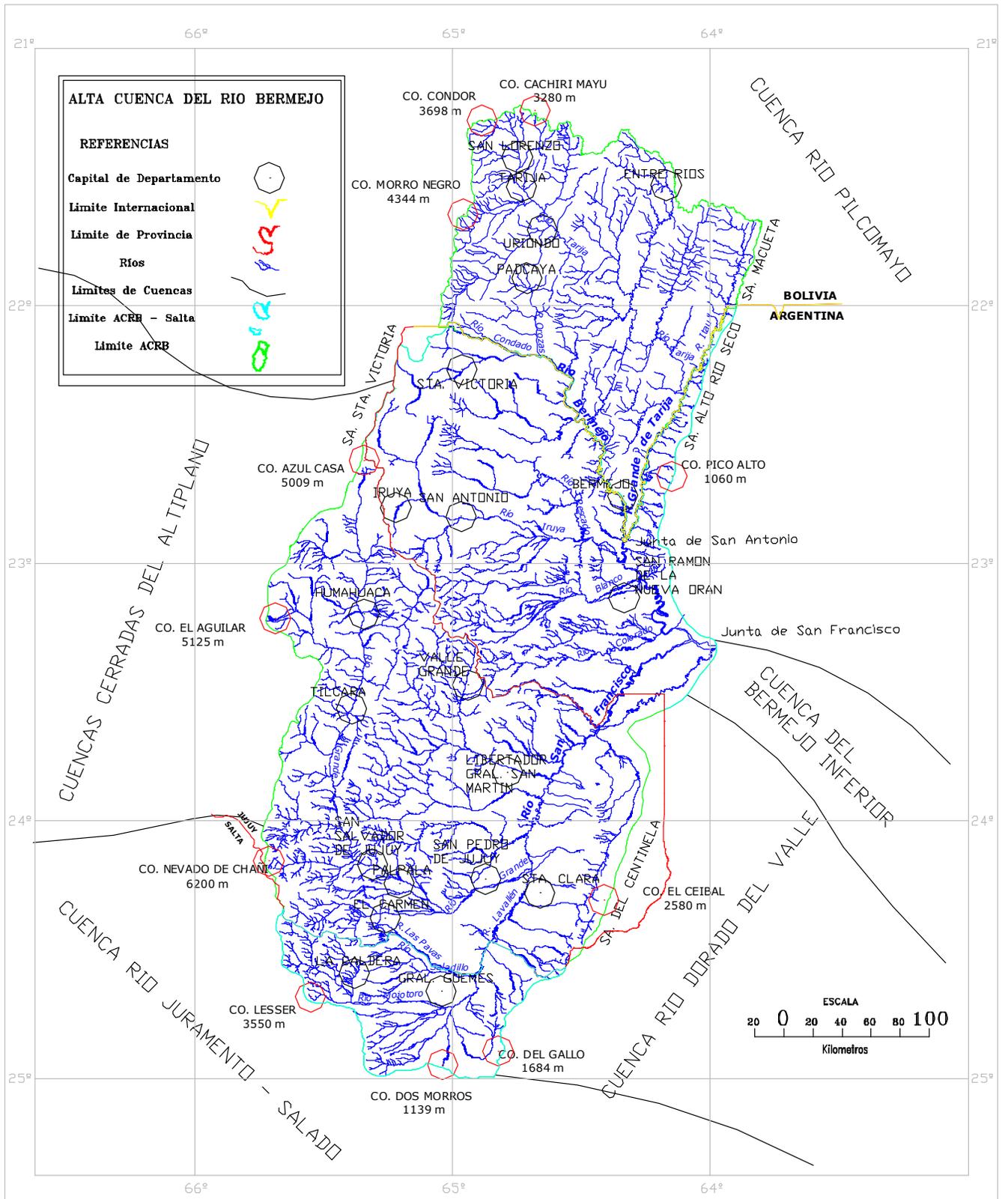
**VILLANUEVA, G y R OSINAGA. 2004.** “Uso Sustentable de los Suelos”. Cátedra de Uso Sustentable de los Suelos. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.

**WISCHMEIER, W y SMITH. 1978.** “Predicting rainfall erosion losses”. D. USDA Handbook 537.

**ZABALA ME, H MARELLI y J SANABRIA. 2003.** “Caracterización del Potencial Erosivo de Suelos del Centro y Sudeste de la Provincia de Córdoba”. INTA MARCOS JUAREZ. Córdoba, Argentina.

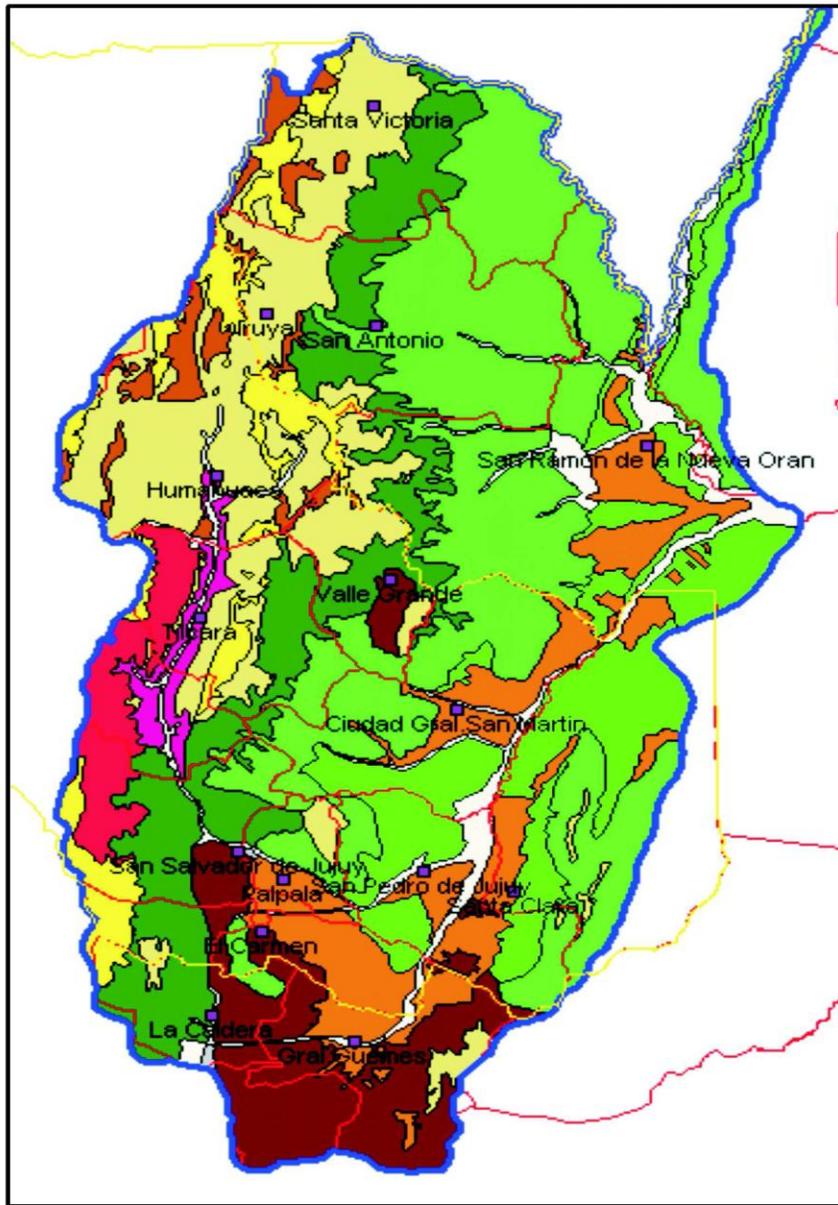
## 13. A N E X O S

Anexo1.Ubicación geográfica de la ACRB.



Anexo 2. Mapa de vegetación Natural en la ACRB.

## ACRB - Mapa de Vegetación



- Departamentos (CABECERA)
  - Limite de Provincia
  - Limite ACRB
  - Limete de Departamentos
- Vegetación (LEYENDA)
- Altoandino
  - Bosque de transición
  - Bosque montano
  - Chaco serrano
  - Ciudad
  - Cultivo
  - Pastizal serrano
  - Prepuna
  - Puna
  - Ripario
  - Selva montana
  - Suelo desnudo



Anexo 3. Docentes y unidades educativas por nivel y sector. Provincia de Salta, Unidades político-administrativa. Año 2006.

**ANEXO 3.** Docentes y unidades educativas por nivel y sector. Provincia de Salta, Unidades político-administrativa. Año 2006.

Unidades político-administrativas	Total					
	Unidades Educativas		Docentes		Proporción	
	Estatal	Privado	Estatal	Privado	Estatal	Privado
<b>Total</b>	<b>2,443</b>	<b>384</b>	<b>27,623</b>	<b>7,766</b>	<b>11</b>	<b>20</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>479</b>	<b>266</b>	<b>12,225</b>	<b>5,803</b>	<b>26</b>	<b>22</b>
Capital	373	255	10,857	5,687	29	22
General de Güemes	80	7	1,163	65	15	9
La Caldera	26	4	205	51	8	13
<b>El Ramal</b>	<b>500</b>	<b>62</b>	<b>6,606</b>	<b>1,117</b>	<b>13</b>	<b>18</b>
General José de San Martín	288	41	3,538	716	12	17
Orán	212	21	3,068	401	14	19
<b>Frontera</b>	<b>212</b>	<b>3</b>	<b>516</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Iruya	85	1	193	3	2	3
Santa Victoria	127	2	323	4	3	2

Unidades político-administrativas	Nivel Inicial					
	Unidades Educativas		Docentes		Proporción	
	Estatal	Privado	Estatal	Privado	Estatal	Privado
<b>Total</b>	<b>712</b>	<b>90</b>	<b>1,343</b>	<b>444</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>133</b>	<b>57</b>	<b>512</b>	<b>326</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
Capital	101	54	426	317	4	6
General de Güemes	23	2	66	5	3	3
La Caldera	9	1	20	4	2	4
<b>El Ramal</b>	<b>140</b>	<b>17</b>	<b>365</b>	<b>75</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
General José de San Martín	80	11	195	39	2	4
Orán	60	6	170	36	3	6
<b>Frontera</b>	<b>67</b>	<b>3</b>	<b>38</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Iruya	26	1	14	3	1	3
Santa Victoria	41	2	24	4	1	2

Fuente: Ministerio de Educación. Planeamiento Educativo. Unidad Estadística.

(Continúa.....)

Unidades político-administrativas	EGB					
	Unidades Educativas		Docentes		Proporción	
	Estatal	Privado	Estatal	Privado	Estatal	Privado
<b>Total</b>	<b>1,529</b>	<b>182</b>	<b>16,653</b>	<b>3,960</b>	<b>11</b>	<b>22</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>275</b>	<b>123</b>	<b>7,215</b>	<b>2,925</b>	<b>26</b>	<b>24</b>
Capital	210	117	6,412	2,851	31	24
General de Güemes	50	4	680	39	14	10
La Caldera	15	2	123	35	8	18
<b>El Ramal</b>	<b>313</b>	<b>30</b>	<b>4,015</b>	<b>597</b>	<b>13</b>	<b>20</b>
General José deSan Martín	181	20	2,167	392	12	20
Orán	132	10	1,848	205	14	21
<b>Frontera</b>	<b>139</b>	<b>0</b>	<b>369</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>
Iruya	56	0	137	0	2	-
Santa Victoria	83	0	232	0	3	-

Unidades político-administrativas	Polimodal					
	Unidades Educativas		Docentes		Proporción	
	Estatal	Privado	Estatal	Privado	Estatal	Privado
<b>Total</b>	<b>168</b>	<b>77</b>	<b>8,252</b>	<b>2,170</b>	<b>49</b>	<b>28</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>3,804</b>	<b>1,621</b>	<b>63</b>	<b>29</b>
Capital	52	54	3,403	1,609	65	30
General de Güemes	6	-	360	-	60	-
La Caldera	2	1	41	12	21	12
<b>El Ramal</b>	<b>38</b>	<b>14</b>	<b>1,940</b>	<b>359</b>	<b>51</b>	<b>26</b>
General José deSan Martín	22	9	1,021	233	46	26
Orán	16	5	919	126	57	25
<b>Frontera</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>109</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>-</b>
Iruya	3	-	42	-	14	-
Santa Victoria	3	-	67	-	22	-

Fuente: Ministerio de Educación. Planeamiento Educativo. Unidad Estadística.

(Continua.....)

Unidades político-administrativas	Superior No Universitario					
	Unidades Educativas		Docentes		Proporción	
	Estatal	Privado	Estatal	Privado	Estatal	Privado
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>1,375</b>	<b>1,192</b>	<b>40</b>	<b>34</b>
<b>Polo de Desarrollo</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>694</b>	<b>931</b>	<b>63</b>	<b>30</b>
Capital	10	30	616	910	62	30
General de Güemes	1	1	57	21	57	21
La Caldera	-	-	21	-	-	-
<b>El Ramal</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>286</b>	<b>86</b>	<b>32</b>	<b>86</b>
General José de San Martín	5	1	155	52	31	52
Orán	4	-	131	34	33	-
<b>Frontera</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Iruya	-	-	-	-	-	-
Santa Victoria	-	-	-	-	-	-

Fuente: Ministerio de Educación. Planeamiento Educativo. Unidad Estadística.

Anexo 4. Producto Bruto Geográfico a precios constantes de 1993, por gran división. Provincia de Salta.  
Años 1993/2004.

ClaNAE	Descripción	1993	1994	1995	1996
miles de \$ a precios de 1993					
	<b>TOTAL</b>	<b>2,326,379</b>	<b>2,429,532</b>	<b>2,527,225</b>	<b>2,438,124</b>
A	<b>Agricultura, ganadería, caza y silvicultura</b>	246,387	240,200	276,322	247,765
C	<b>Explotación de minas y canteras</b>	206,190	237,956	269,492	282,464
D	<b>Industria manufacturera</b>	196,492	190,812	193,351	193,199
E	<b>Electricidad, gas y agua</b>	92,445	104,387	110,896	115,682
F	<b>Construcción</b>	161,284	169,785	129,185	121,201
G	<b>Comercio</b>	243,202	248,978	254,470	257,853
H	<b>Servicios de hotelería y restaurantes</b>	19,369	26,573	35,516	26,430
I	<b>Servicios de transporte, de almacenamiento y de comunicaciones</b>	194,409	215,247	221,642	229,684
J	<b>Intermediación financiera y otros servicios financieros</b>	137,390	148,488	157,176	104,822
K	<b>Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler</b>	175,576	187,776	199,494	193,500
L	<b>Administración Pública</b>	293,502	285,700	294,643	281,120
M	<b>Enseñanza</b>	190,660	191,576	204,545	209,360
N	<b>Servicios sociales y de salud</b>	124,635	134,159	133,035	127,030
O	<b>Servicios comunitarios, sociales y personales</b>	32,016	32,660	32,485	34,543
P	<b>Servicios de hogares privados que contratan serv. Doméstico</b>	12,822	15,233	14,972	13,468

**Tasa anual**

4.43405825 4.02106249 -3.52564572

Fuente: Dirección General de Estadísticas

(Continúa....)

ClaNAE	Descripción	1997	1998	1999	2000	2001
miles de \$ a precios de 1993						
	<b>TOTAL</b>	<b>2,760,571</b>	<b>2,950,984</b>	<b>3,062,339</b>	<b>3,192,673</b>	<b>3,196,522</b>
A	<b>Agricultura, ganadería, caza y silvicultura</b>	318,304	330,711	329,224	321,093	379,155
C	<b>Explotación de minas y canteras</b>	373,336	405,607	462,783	514,506	559,442
D	<b>Industria manufacturera</b>	236,516	254,212	224,123	226,738	206,084
E	<b>Electricidad, gas y agua</b>	106,545	105,869	117,729	147,135	145,494
F	<b>Construcción</b>	156,057	200,765	215,260	219,930	141,395
G	<b>Comercio</b>	278,060	290,557	295,113	301,679	302,779
H	<b>Servicios de hotelería y restaurantes</b>	32,463	29,162	23,432	26,485	20,813
I	<b>Servicios de transporte, de almacenamiento y de comunicaciones</b>	247,043	268,090	275,986	285,531	286,125
J	<b>Intermediación financiera y otros servicios financieros</b>	111,859	122,798	139,665	164,026	156,049
K	<b>Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler</b>	207,606	224,575	237,296	238,859	242,844
L	<b>Administración Pública</b>	290,409	308,238	319,084	312,176	312,607
M	<b>Enseñanza</b>	220,157	224,553	232,371	243,551	253,244
N	<b>Servicios sociales y de salud</b>	129,957	134,369	128,931	132,856	129,098
O	<b>Servicios comunitarios, sociales y personales</b>	36,935	37,623	38,390	39,397	41,205
P	<b>Servicios de hogares privados que contratan serv. Doméstico</b>	15,322	13,857	22,951	18,713	20,189

**Tasa anual**

13.2252092 6.89759474 3.77348708 4.25602783 0.12055729

Fuente: Dirección General de Estadísticas

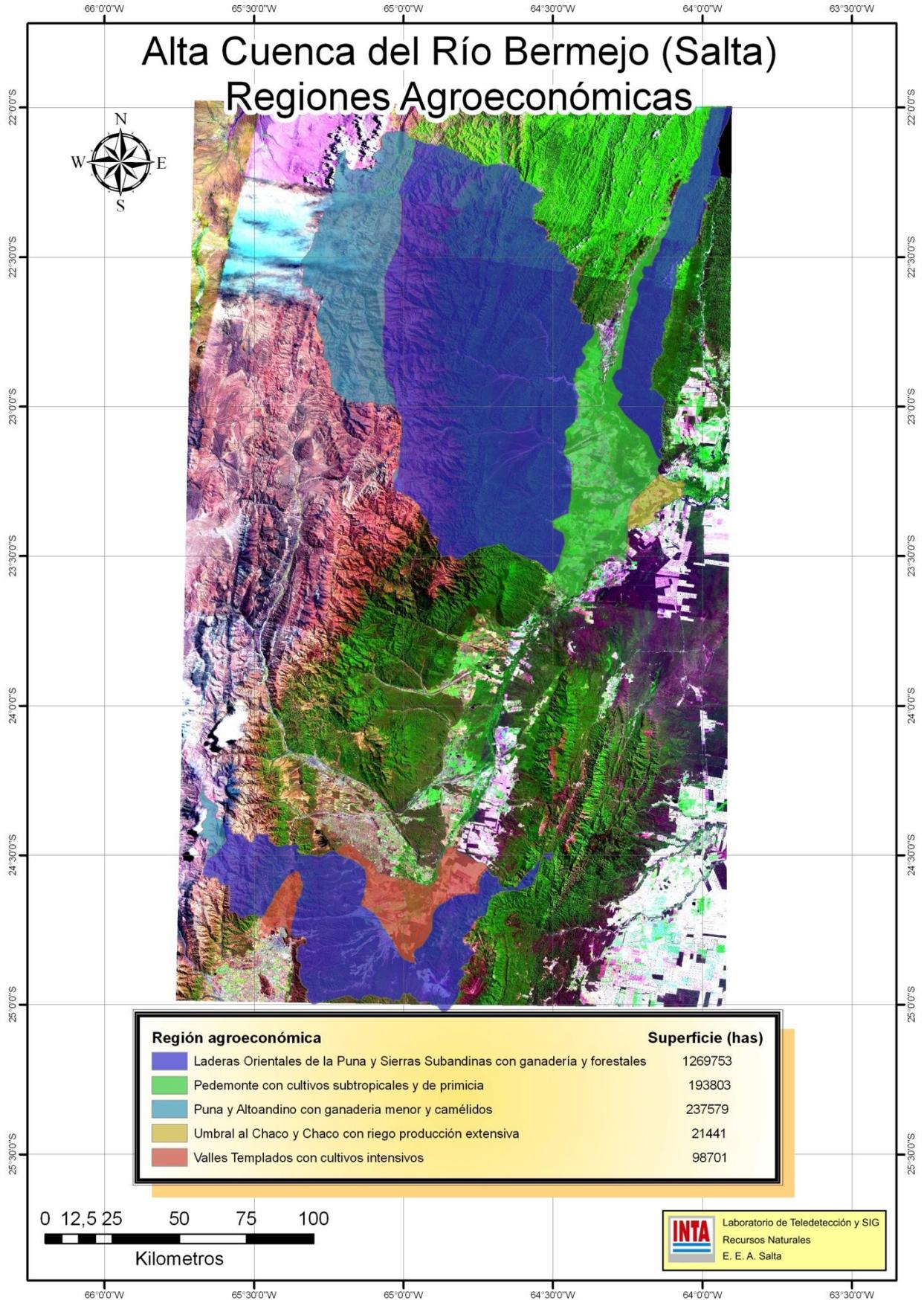
(Continúa...)

ClaNAE	Descripción	2002	2003	2004	Crecimiento	2004%
miles de \$ a precios de 1993						
	<b>TOTAL</b>	<b>3,148,189</b>	<b>3,183,598</b>	<b>3,410,506</b>	<b>46.60</b>	<b>100.00</b>
A	<b>Agricultura, ganadería, caza y silvicultura</b>	395,833	378,917	424,282	<b>72.20</b>	<b>12.44</b>
C	<b>Explotación de minas y canteras</b>	552,247	570,619	524,690	<b>154.47</b>	<b>15.38</b>
D	<b>Industria manufacturera</b>	244,480	248,840	284,391	<b>44.73</b>	<b>8.34</b>
E	<b>Electricidad, gas y agua</b>	149,474	146,305	157,567	<b>70.44</b>	<b>4.62</b>
F	<b>Construcción</b>	106,383	74,078	154,607	<b>-4.14</b>	<b>4.53</b>
G	<b>Comercio</b>	304,324	304,391	317,925	<b>30.72</b>	<b>9.32</b>
H	<b>Servicios de hotelería y restaurantes</b>	27,426	45,359	56,014	<b>189.19</b>	<b>1.64</b>
I	<b>Servicios de transporte, de almacenamiento y de comunicaciones</b>	267,591	298,022	345,966	<b>77.96</b>	<b>10.14</b>
J	<b>Intermediación financiera y otros servicios financieros</b>	126,038	117,440	108,812	<b>-20.80</b>	<b>3.19</b>
K	<b>Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler</b>	255,990	256,237	262,815	<b>49.69</b>	<b>7.71</b>
L	<b>Administración Pública</b>	306,080	309,988	319,915	<b>9.00</b>	<b>9.38</b>
M	<b>Enseñanza</b>	254,292	262,695	266,567	<b>39.81</b>	<b>7.82</b>
N	<b>Servicios sociales y de salud</b>	113,121	117,527	121,323	<b>-2.66</b>	<b>3.56</b>
O	<b>Servicios comunitarios, sociales y personales</b>	30,121	31,064	39,016	<b>21.86</b>	<b>1.14</b>
P	<b>Servicios de hogares privados que contratan serv. Doméstico</b>	14,789	22,115	26,615	<b>107.57</b>	<b>0.78</b>
	<b>Tasa anual</b>	<b>1.51204966</b>	<b>1.12474188</b>	<b>7.12740742</b>	<b>3.63</b>	

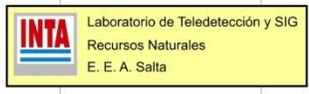
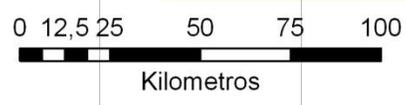
Fuente: Dirección General de Estadísticas

Anexo 5. Regiones Agroeconómicas (ACRB - Salta).

# Alta Cuenca del Río Bermejo (Salta) Regiones Agroeconómicas



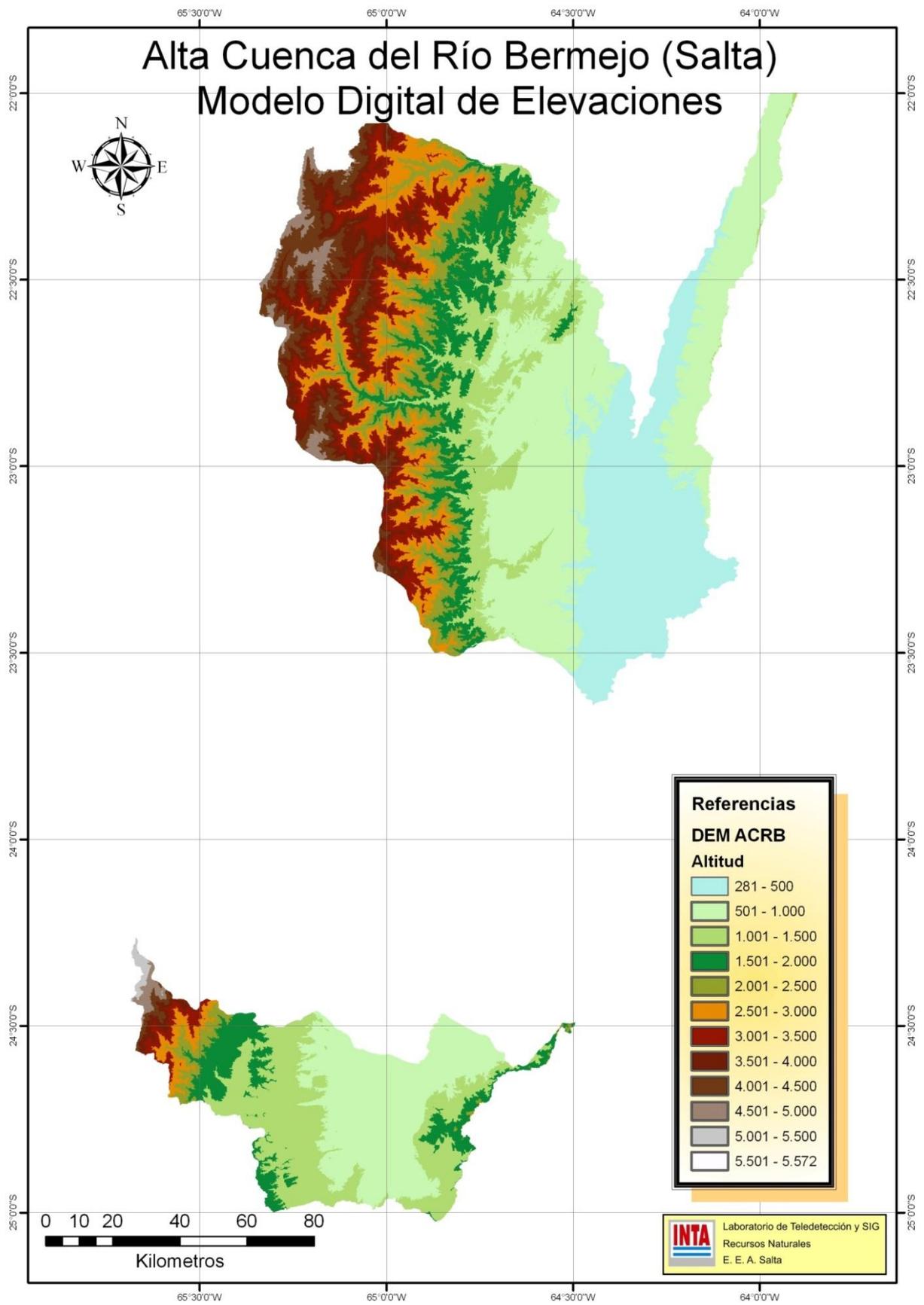
Región agroeconómica	Superficie (has)
Laderas Orientales de la Puna y Sierras Subandinas con ganadería y forestales	1269753
Pedemonte con cultivos subtropicales y de primicia	193803
Puna y Altoandino con ganadería menor y camélidos	237579
Umbral al Chaco y Chaco con riego producción extensiva	21441
Valles Templados con cultivos intensivos	98701



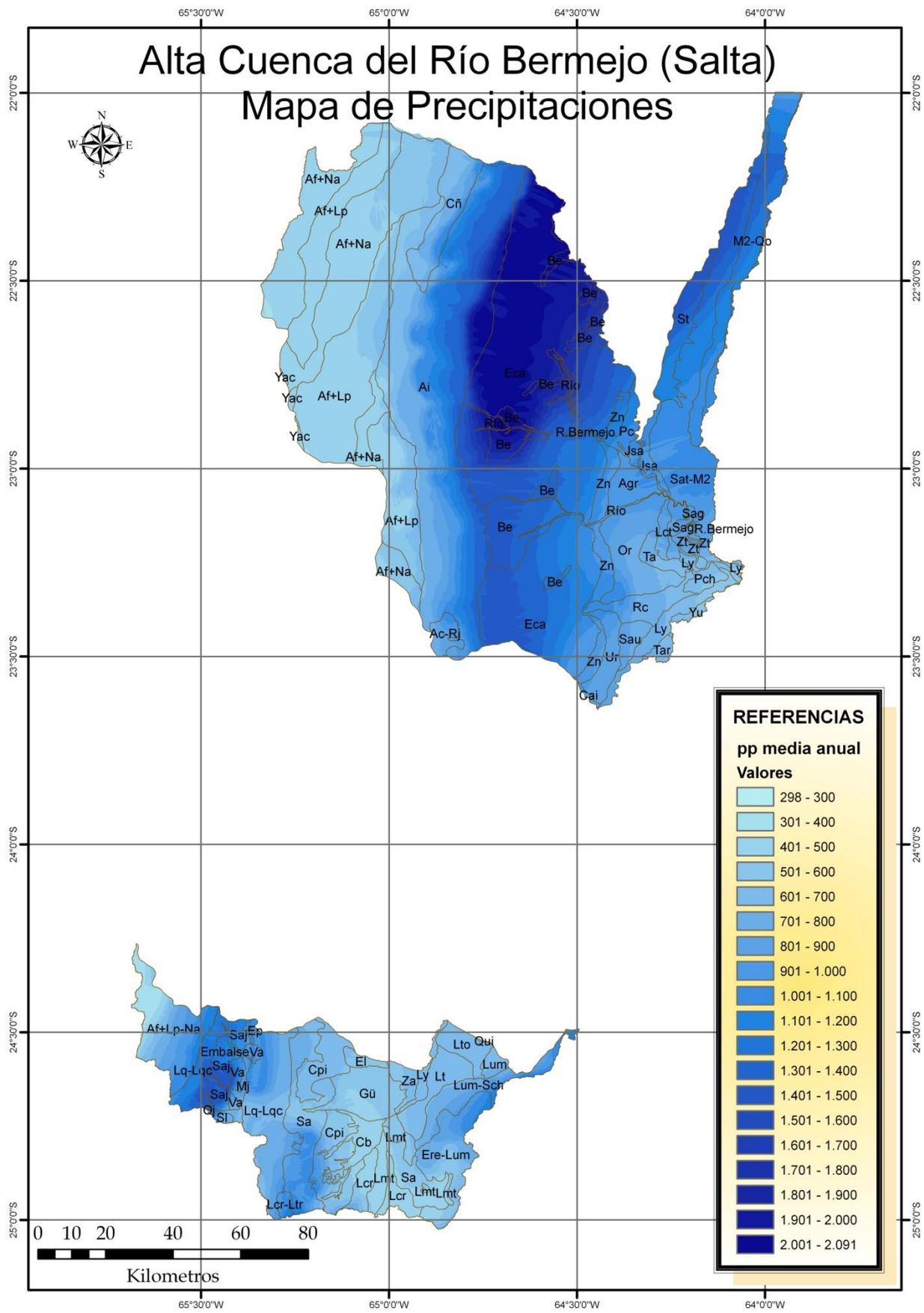
Anexo 6. Mapa de suelos (ACRB - Salta).



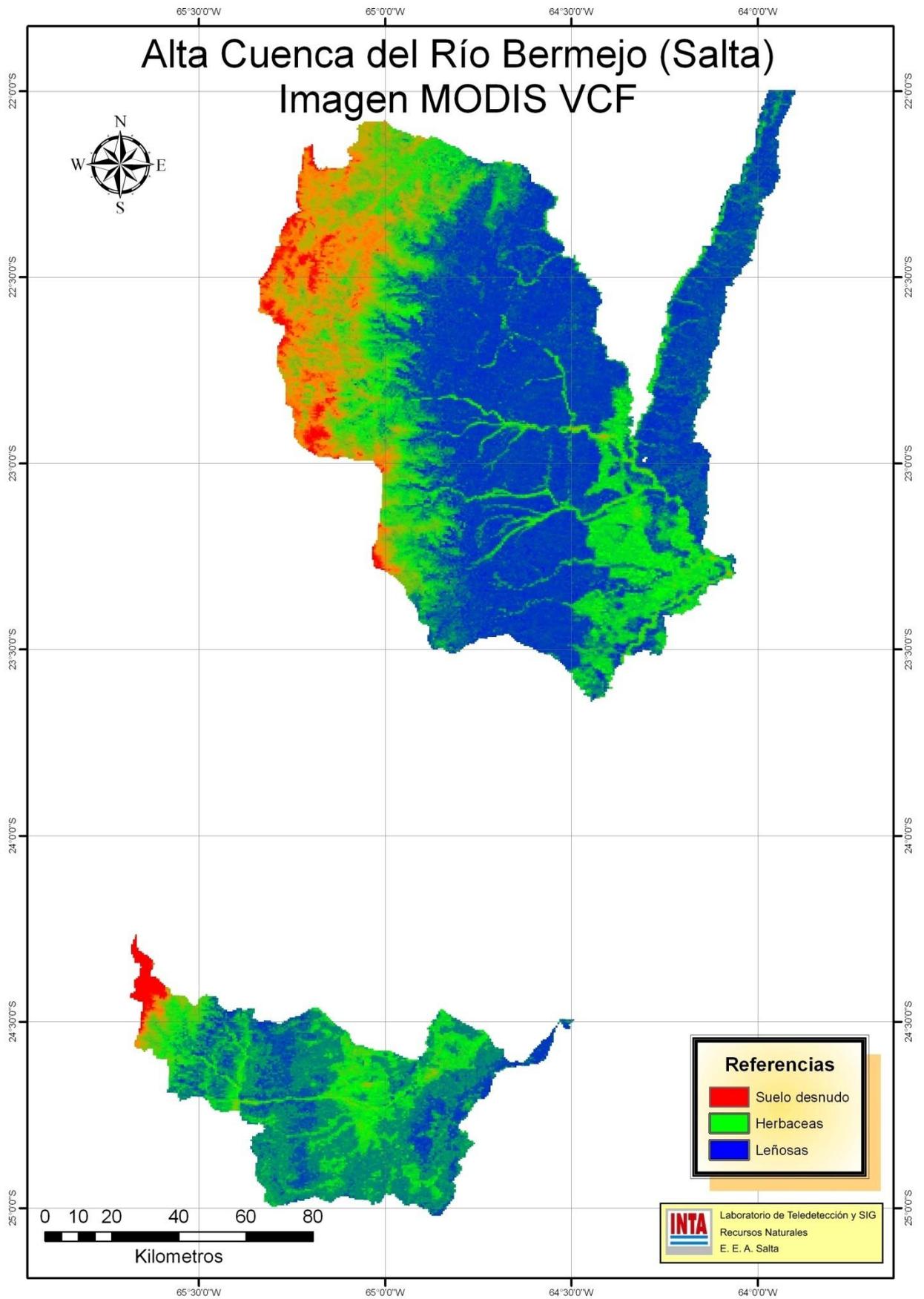
Anexo 7. Modelo Digital de Elevaciones (ACRB - Salta).



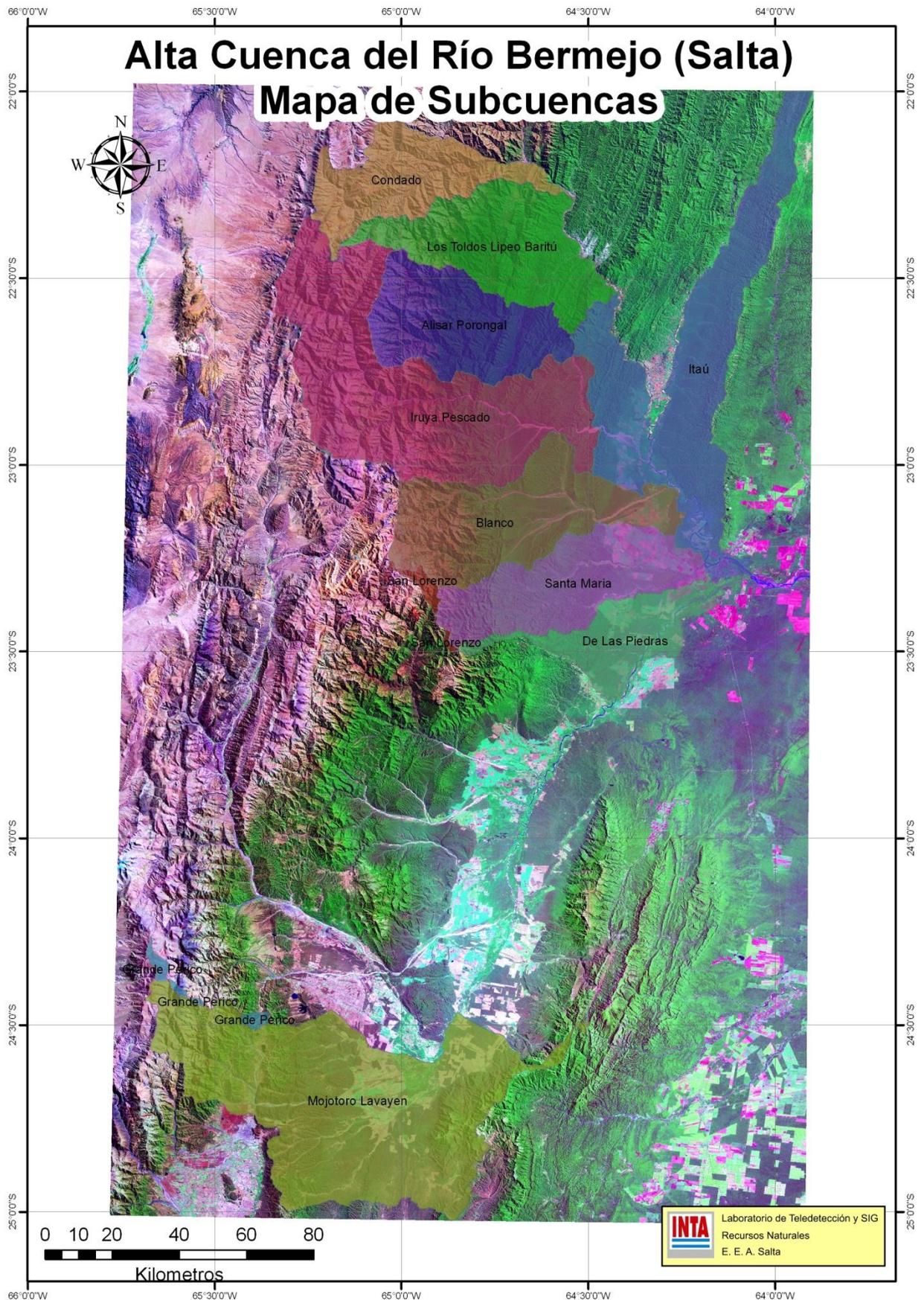
Anexo 8. Mapa de Precipitaciones (ACRB - Salta).



Anexo 9. Imagen MODIS VCF (ACRB - Salta).



Anexo 10. Mapa de subcuencas (ACRB - Salta).



Anexo 11. Simbología para las distintas asociaciones presentes en el área de estudio.

<b>ASOCIACIÓN</b>	<b>SIMBOLO</b>
ABRA DE CAÑA - RIO JORDÁN	AC-RJ
ABRA GRANDE	AGR
ALISAR	AI
BERMEJO	BE
CAIMANCITO	CAI
COBOS	CB
CAÑANI	CÑ
CORRAL DE PIEDRA	CPI
EMBARCACIÓN	EB
EL CANDADO	ECA
EL MILAGRO	EL
EL PAÑO	EP
EL REY-LUMBRERAS	ERE-LUM
GÜEMES-MOJOTORO-BETANIA	GU
JUNTAS DE SAN ANTONIO	JSA
LA CRUZ-LA TROJA	LCR-LTR
LA CANTERA - CEDRAL	LCT
LOS MATOS	LMT
LA QUESERA-LA QUESERA CHICA	LQ-LQC
LA TRAMPA	LT
LOS TOLDOS	LTO
LUMBRERAS	LUM
LUMBRERAS-SANCHA	LUM-SCH
LAVALLEN	LY
MADREJONES2-QUIJARRO	M2-QO
MOJOTORO	MJ

<b>ASOCIACIÓN</b>	<b>SIMBOLO</b>
ORÁN	OR
PEÑA COLORADA	PC
PICHANAL	PCH
QUIJANO	QJ
QUISTO	QUI
RIO COLORADO	RC
SAN AGUSTÍN	SAG
SAN ALEJO	SAJ
SAN ANTONIO - MADREJONES2	SAT-M2
SAUCELITO - VÍBORA ATADA	SAU
SALADILLO	SD
SAN LORENZO	SL
SAN TELMO	ST
SAN TELMO - MADREJONES2	ST-M2
TABACAL	TA
TALAR	TAR
URUNDEL	UR
VAQUEROS	VA
YACORAITE	YAC
YUCHÁN	YU
ZAPALLAR	ZA
ZENTA	ZN
ZANJA DEL TIGRE	ZT
AFLORAMIENTO LA POMA	AF + LP
AFLORAMIENTO LA POMA-NAZARENO	AF + LP-NA
AFLORAMIENTO NAZARENO	AF + NA

Anexo 12. Mapa del Factor K para la ACRB en la provincia de Salta.

