

014.1225
G26
Inf. Final

40185

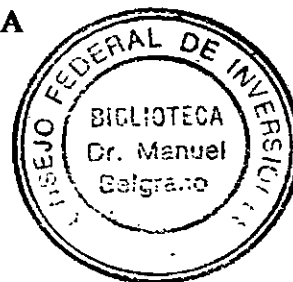
**USO Y DISPONIBILIDAD DE LEÑA
EN TUIITE, LA REDONDA Y MUÑAYOC**



VEGETACION NATURAL

SUSTENTO AL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

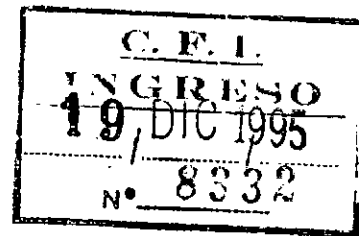
EN LA PUNA JUJEÑA



014.1225
G26
Inf. Final

City Bell, 18 de diciembre de 1995

Sr. Secretario General
del Consejo Federal de Inversiones
Ing. Juan José Ciáccera
San Martín 871 - BUENOS AIRES



Ref.: Presentación copia de Informe Final. Expte 2903.

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. a fin de remitir una copia del Informe Final correspondiente al estudio denominado *Vegetación natural - Sustento al Aprovechamiento de la Energía Solar en la Puna Jujefa* y que fuera aprobado por la Secretaría de Estado de Economía de la Provincia de Jujuy.

Sin otro particular saludo a Ud. muy atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eduardo González Arzac'. The signature is stylized and written in a cursive-like script.

Dr. Eduardo González Arzac

AUTORIDADES

GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE JUJUY

Ing. Oscar Agustín Perassi

SECRETARIO GENERAL DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Ing. Juan José Ciáccera

USO Y DISPONIBILIDAD DE LEÑA
EN TUIITE, LA REDONDA Y MUÑAYOC

Autor:

Dr. Eduardo González Arzac

Colaboradores de campo:

Sr. Ubaldo Cíárez (relevamiento de queñuales y tolares)

Sr. Napoleón Mamaní (cosechas de tola y queñua)

Cítese:

GONZALEZ ARZAC E. 1995. **Uso y disponibilidad de Leña en Tuite, La Redonda y Muñayoc.**
Vegetación Natural; sustento al Aprovechamiento de la energía solar en la Puna Jujeña. Consejo
Federal de Inversiones. Buenos Aires.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	1
2.	AGRADECIMIENTOS	2
3.	SITIOS ANALIZADOS	
3.1.	Criterios de selección	3
3.2.	Síntesis ambiental de los sitios	5
4.	METODOLOGIA	
4.1.	Caracterización del uso de leña	8
4.2.	Unidades de vegetación	9
4.3.	Estructura de la vegetación en las áreas de extracción de leña	12
4.4.	Disponibilidad de leña	17
5.	RESULTADOS	
5.1.	Especies utilizadas como recurso energético	20
5.1.1.	Tola: características, usos, peso seco, edad	20
5.1.2.	Queñua: características, usos, peso seco, edad	25
5.2.	Caracterización del uso de leña	33
5.3.	Clasificación de unidades de vegetación	36
5.4.	Factores ambientales determinantes de la vegetación	50
5.5.	Caracterización estructural y oferta del recurso	
5.5.1.	Tolares	56
5.5.2.	Queñuales	63
6.	CONCLUSIONES	75
7.	RECOMENDACIONES	77
8.	SINTESIS ESQUEMATICA	79
9.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	80
10.	LISTA DE FIGURAS, CUADROS Y FOTOS	82
11.	GLOSARIO	83

1. INTRODUCCION

El presente estudio responde a los objetivos planteados en el programa denominado **Vegetación natural - Sustento al Aprovechamiento de Energía Solar en la Puna Jujeña**, destinado a la elaboración de un diagnóstico de situación de aquellas plantas leñosas nativas que son actualmente utilizadas como recurso energético por los habitantes de la Puna en la Provincia de Jujuy. Una de las metas de dicho diagnóstico se relaciona con el eventual sustento a planes alternativos de aprovechamiento energético no destructivo, tales como la implementación y difusión de hornos y calentadores solares, temática tratada por el Proyecto *Energía Solar a Comunidades Rurales* (ENSOCOR).

Los objetivos particulares del estudio son los siguientes:

- Realizar un diagnóstico del estado actual de las especies vegetales leñosas valoradas como recurso energético de uso actual en tres sitios de la Puna Jujeña.
- Caracterizar las comunidades vegetales naturales en los sitios de extracción de material combustible y ponderar su oferta de leña en cantidad y calidad.
- Reconocer la manifestación de alteraciones sobre los factores físicos del paisaje en el área de extracción de leña.

El contenido de este informe final incluye los resultados de variados y numerosos relevamientos de la vegetación natural puneña en las inmediaciones de las localidades de La Redonda, Tuite y Muñayoc, todas ellas ubicadas en el Departamento Cochinoca, y del análisis de las modalidades de extracción y uso de las especies valoradas como leña. Tales relevamientos fueron realizados entre los meses de marzo y octubre del corriente año.

2. AGRADECIMIENTOS

El autor desea destacar la valiosa asistencia de los **Sr. Ubaldo Ciárez** y **Sr. Napoleón Mamaní** en el desarrollo de los arduos muestreos de campo, y la desinteresada contribución del **Sr. Juan Luzcubir** de Abra Pampa, quien concedió el uso de una exacta balanza de su propiedad para la determinación de los pesos de muestras de queñua y tola.

Asimismo se distingue el espíritu de colaboración ofrecido por investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy, **Sr. Rolando Braun Wilke** y **Sr. Luis Picchetti**, quienes facilitaron útil información bibliográfica referida al recurso leña y opiniones ajustadas sobre la temática y metodologías relacionadas con el presente análisis.

También se agradece la eficiente intervención del **Sr. Silvino Vilca** de Muñayoc en la cosecha de los mayores ejemplares de tola, y las valiosas contribuciones y opiniones brindadas por numerosos habitantes de la zona de estudio: **Sra. Gertrudis Canavide** de Tuite, **Sr. Magín J. Cari** de Muñayoc, **Sr. Manuel Vilte** de La Redonda, **Sr. Mateo** y **Dionisia Abalos** de Muñayoc.

Igualmente se reconocen los diversos aportes proporcionados por el personal docente y directora **Sra. Marta de Valdés** de la Escuela N° 345 de Muñayoc y el **Sr. Heiner Kleine-Hering** de San Salvador de Jujuy, y el interés demostrado por la **Sra. Barbara Holzer**, responsable del Proyecto *Energía Solar a Comunidades Rurales* (ENSOCOR).

Una mención singular merece la **Sra. Fely Mercado**, docente de la Escuela N° 245 de Abra Pampa, por su interés en la difusión del tema y permitir su exposición a sus alumnos.

Finalmente, y de modo muy especial, el autor desea resaltar la amplia colaboración del **Sr. Marcos Vilte** de La Redonda, agudo observador de la realidad puneña cuyo agradable trato y compañía fructífera en interesantes reflexiones han distinguido jornadas inolvidables.

3. SITIOS ANALIZADOS

3.1. Criterios de selección

En función de los objetivos perseguidos y con el fin de seleccionar las tres áreas de estudio se realizó inicialmente una recorrida por distintas localidades y parajes de los Departamentos Yavi, Santa Catalina, Rinconada y Cochinoa.

El área inspeccionada queda delimitada por los siguientes ejes: La Quiaca-Cieneguillas por el norte, Yoscaba-Rinconada-Muñayoc por el oeste, Cochinoa-Abra Laite-Abra Pampa-Tabladitas por el sur, y Tabladitas-La Redonda-Barrios-La Quiaca por el este.

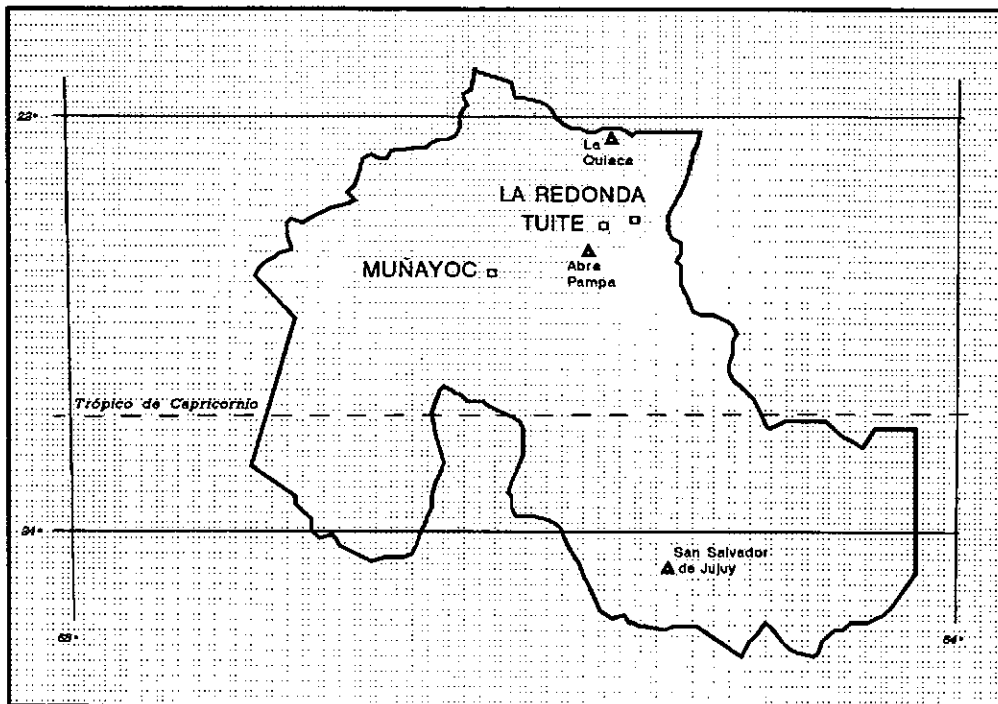
Durante esta recorrida se efectuaron relevamientos expeditivos de la vegetación natural presente en los alrededores de las localidades visitadas. Tales relevamientos tuvieron como objetivos el reconocimiento de plantas potencialmente utilizables como leña, la determinación de la composición florística de leñosas y la estimación de dominancia de las unidades de vegetación.

Asimismo se inspeccionaron las acumulaciones de leña existentes en escuelas y asentamientos rurales con el fin de tipificar las especies preferidas como recurso bioenergético, advirtiéndose el estado y tamaño de los cortes almacenados.

Como resultado de los relevamientos expeditivos se obtiene una valoración adversa acerca del estado de la vegetación natural con amplias zonas degradadas por la conjunción de diversas actividades humanas, entre las que se destacan el pastoreo intenso o no selectivo, la extracción de arbustos para leña y la existencia de caminos con materiales no consolidados.

La generalizada degradación de la vegetación natural, que llega a ser muy severa en algunas áreas como las vecindades de Barrios y La Quiaca, obligó a descalificar numerosas localidades como sitios potenciales para la realización del estudio.

Fig. 1. Mapa de ubicación de los sitios analizados.



Es así que, en función de cualidades relativamente favorables en el estado de la vegetación leñosa, de la homogeneidad ecológica del paisaje y de la oferta actual de leña de las unidades de vegetación se seleccionan tres localidades situadas en el Departamento Cochinocha: Tuite, La Redonda y Muñayoc (Fig. 1).

El conjunto de áreas seleccionadas puede apreciarse desde la óptica del medio físico como un gradiente pluviométrico creciente hacia el noreste, incluyendo disímiles situaciones topográficas que involucran planicies y serranías y que se corresponden con una marcada diferenciación edáfica.

3.2. Síntesis ambiental de los sitios

3.2.1. Tuite

El área analizada en Tuite, con una altitud comprendida entre 3490 y 3550 msnm, se encuentra a unos 20 km al noreste de la ciudad de Abra Pampa y a 5 km hacia el este de Puesto del Marqués (Fig. 1).

Morfológicamente se trata de un extenso pedimento, de muy escasa pendiente (inferior al 3% en gradiente), asociado a la vertiente occidental del Cerro Morado, desde donde bajan varios cursos de agua de régimen temporario con cauces poco definidos y que mayoritariamente se insumen antes de alcanzar el Río del Puesto.

Los sustratos más difundidos poseen texturas finas, en general vinculados a la depositación hídrica, incluyendo suelos halomórficos. En algunas porciones se encuentran arenas eólicas más o menos estabilizadas por la vegetación arbustiva, aunque cuando las plantas se hacen más escasas aparecen médanos.

La fisonomía dominante de la vegetación es la estepa arbustiva, principalmente tolares que alternan con estepas de cánguia y pasturas artificiales de pasto llorón.

El área cuenta con pobladores asentados en forma bastante regular por debajo de la curva de nivel de los 3500 msnm. Sus tierras, dispuestas paralelamente a la pendiente del terreno, están dedicadas a la ganadería (cría de ovejas, vacas, llamas y burros).

La vegetación natural es usada al mismo tiempo como forraje principal y fuente de provisión de leña. La tola es el recurso bioenergético sobresaliente; siendo muy esporádico el aprovechamiento de otras especies, como horno-tola y añagua, restringido por la escasez de ejemplares de adecuado porte.

3.2.2. La Redonda

La localidad de La Redonda (3615 msnm) está ubicada a una distancia de 45 km al sur de la ciudad de La Quiaca, junto al Río Colorado, un poco más al sur del punto en que éste cambia de rumbo hacia el oeste bordeando el Cerro Ocasá.

El área relevada incluye dos ambientes bien diferenciables: la planicie aluvial del Río Colorado y la vertiente oriental del Cerro Morado (4415 msnm).

La porción de la planicie aluvial del Río Colorado, de régimen permanente, presenta suelos dominados por texturas finas con presencia de gravilla subsuperficial y ocasionales rasgos de salinidad. La acción de los vientos más fuertes determina la remoción de las arcillas y limos superficiales, con lo cual se muestran áreas con tendencia a formas de pavimentos de erosión. La vegetación natural está dominada por la tola, con cobertura tan disímil que forma desde matorrales hasta estepas arbustivas y peladares. La zona de extracción de leña coincide con los sectores de pastoreo de ganado menor.

La fracción correspondiente a la vertiente oriental del Cerro Morado comprende un piedemonte suavemente inclinado hacia el este con pendientes de 5-10% en gradiente. Los suelos son arenoso-pedregosos y están cubiertos por estepas arbustivas de escasa cobertura dominados por la chijua y la tolilla. Las laderas del cerro, con base en los 3760 msnm, presentan pendientes variables entre 20 y 80% en gradiente, con sustratos pedregosos y abundancia de bloques en superficie. En varias sectores aparecen roquedales, y localizadamente suelos pelíticos asociados a manantiales. La vegetación presente, claramente diferenciable por la condición de humedad del suelo, abarca distintas fisonomías como bosques densos o abiertos, arbustales altos, estepas arbustivas y praderas. La actividad principal es la cría de llamas, manejadas con apotreramiento definido.

Las especies vegetales usadas como leña son, de manera casi excluyente, tola y queñua. Eventualmente se aprovecha horno-tola, presente a orillas del río.

3.2.3. Muñayoc

El área de interés corresponde a la Quebrada Rodeo, vertiente noroccidental de la Sierra de Quichagua (4443 msnm), reconocible en varios mapas como Arroyo Botegayoc. Localmente este curso de agua permanente es llamado Puerta de Rodeo y más arriba Charcucho; es afluente por margen derecha del Río Cincel, perteneciente a la Cuenca de Pozuelos.

Las terrazas aluviales (3755-3785 msnm), integradas por materiales de texturas finas, están cubiertas por tolares, abundando las situaciones en que estos forman matorrales o arbustales casi densos.

Las laderas bajas son pedregosas con estepas arbustivas bajas; mientras que las medias y altas, predominantemente de fuertes pendientes, muestran un típico aspecto moteado como resultado del contraste entre los abundantes bloques y la profusión de queñua, que crece en forma arbustiva o arbórea, siendo más densas a lo largo de las vertientes. También aparecen praderas herbáceas asociadas a manantiales, y estepas arbustivo-graminosas sobre las partes más altas de la sierra.

Tanto la planicie como las laderas sirven como zonas de extracción de leña y pastura natural para el sustento de cabras, ovejas, vacunos y llamas, manejadas extensivamente y sin apotreramiento definido.

La localidad de Muñayoc (3760 msnm), con su Escuela N° 345, está ubicada a la vera del arroyo en la porción distal del valle, a unos 50 km al oeste de Abra Pampa.

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterización del uso de leña

Las modalidades involucradas en el aprovechamiento del recurso implican la consideración de las siguientes acciones: ubicación de la fuente, selección de individuos, recolección o extracción de material leñoso, transporte, almacenaje y consumo.

Con el objeto de caracterizar tales modalidades se analizaron casos particulares dentro de cada una de las localidades seleccionadas, tomándose las siguientes residencias tipo por localidad:

Tuite: Sra. Gertrudis Canavide

La Redonda: Sr. Manuel Vilte

Muñayoc: Escuela N° 345.

La identificación del recurso se basa en inspecciones de los almacenajes de leña acumulados en cada uno de los domicilios seleccionados, reconociéndose las especies usadas y tipificándose el material almacenado por su calidad, longitud, diámetro medio y peso.

Las áreas de extracción habitual en cada situación fueron inspeccionadas, sirviendo como punto de partida de los relevamientos de la vegetación tendientes a determinar su estado y oferta.

Las modalidades de extracción, fraccionamiento y consumo del material derivan de la consulta con los pobladores de cada caso seleccionado, complementadas en algunos casos con la observación del proceso de recolección, transporte, secado y uso de la leña.

El consumo diario de un tipo particular de leña se expresa en peso seco y es relacionado con un determinado tamaño de individuo a partir de las observaciones mismas o bien de una estimación basada en el análisis dimensional. También se considera en el análisis un eventual empleo de otras fuentes calóricas alternativas.

4.2. Unidades de vegetación

El análisis y la discriminación de unidades de vegetación se centra en las áreas de extracción de leña y las vecindades que mantienen tipos de vegetación similar; es decir que sólo se contemplan formaciones dominadas por plantas leñosas. La tipificación de tales unidades implica la realización de relevamientos o censos de vegetación en el campo y el procesamiento de la información mediante el uso de programas de computación.

Para la *obtención de información* en el campo se siguió el **método del relevé**, que se basa en la realización de censos o inventarios de la vegetación efectuados en sitios evaluados como homogéneos, tanto desde la perspectiva ambiental como de aquellos atributos propios de la vegetación tales como fisonomía (aspecto) y dominancia florística.

Una vez seleccionado el lugar a relevar se procede a delimitar las unidades muestrales consistentes en parcelas de forma cuadrangular y superficie constante para cada tipo de vegetación. Luego de la delimitación de estas parcelas se resume la información del medio físico, como unidad de paisaje, pendiente, exposición y tipo de suelo, y datos de la vegetación como fisonomía y estructura.

El censo propiamente dicho comienza con la confección de la lista florística que incluye las denominaciones de las plantas perennes presentes dentro de la parcela, para luego asignar a cada especie el valor que corresponda según la escala combinada de abundancia-cobertura (Cuadro 1).

La abundancia se refiere a la cantidad de individuos de una especie dada dentro de la unidad de muestreo. La cobertura es la proyección vertical de las partes aéreas de las plantas de una especie particular sobre el plano horizontal del terreno expresándose como un porcentaje de la superficie total de la parcela.

Cuadro 1. Escala de abundancia-cobertura.

VALOR	ABUNDANCIA	COBERTURA	
		grado	porcentaje
r	<i>solitarios</i>	<i>muy pequeña</i>	
+	<i>pocos</i>	<i>pequeña</i>	<i>hasta 1</i>
1	<i>cualquier número</i>	<i>hasta 1/20</i>	<i>hasta 5</i>
2	<i>cualquier número</i>	<i>1/20 a 1/4</i>	<i>5 - 25</i>
3	<i>cualquier número</i>	<i>1/4 a 1/2</i>	<i>25 - 50</i>
4	<i>cualquier número</i>	<i>1/2 a 3/4</i>	<i>50 - 75</i>
5	<i>cualquier número</i>	<i>3/4 a 4/4</i>	<i>75 - 100</i>

Un total de 203 censos fueron efectuados entre los meses de abril y octubre, cuyas superficies son de 25 a 64 m² para las comunidades arbustivas y de 100 m² para las comunidades con árboles.

Dado que la época de realización de los censos no coincide con el período de crecimiento de la vegetación, y en función de los objetivos perseguidos, el relevamiento se centra exclusivamente en las fisonomías dominadas por especies leñosas tales como bosques, arbustales y estepas arbustivas, soslayando aquellos tipos de vegetación donde predominan las plantas herbáceas como estepas gramíneas, pajonales y praderas. Además, el registro de especies no incluye las plantas anuales ni las geófitas, formas biológicas que están ausentes fuera del período de crecimiento primavera-estival.

El *procesamiento de la información* se realizó empleando programas de computación específicos estructurados en lenguaje FORTRAN de la serie CEP de la Universidad de Cornell.

La diferenciación de unidades de vegetación se logra mediante el programa **TWINSpan**, basado en la técnica de promedios recíprocos, que clasifica los censos en una jerarquía divisiva tomando a las especies presentes como atributos de cada unidad de muestreo, y luego utiliza esas clases de censos para clasificar a las especies.

Cuadro 2. Escala de grado de presencia de las plantas en los censos.

<i>Valor</i>	<i>Grado de presencia</i>	<i>Porcentaje de aparición</i>
I	raros	hasta 20.0
II	baja	20.1 - 40.0
III	intermedia	40.1 - 60.0
IV	moderadamente alta	60.1 - 80.0
V	alta	80.1 -100.0

El resultado final es una tabla fitosociológica donde se exhiben de manera esquemática y sencilla las relaciones que mantienen las especies y los censos. Las variables incluidas en el cuerpo de la tabla, indicadas por un número romano y un número arábigo separados por un punto, se refieren al grado de presencia de las especies en los censos de la unidad de vegetación (según los valores del Cuadro 2) y a la abundancia-cobertura de los individuos en el terreno (según la escala del Cuadro 1).

El análisis del complejo vegetacional se complementa mediante la ordenación de los censos a lo largo de ejes de variación continua, cuyo objeto es facilitar la identificación de los posibles vínculos de las unidades de vegetación entre sí e interpretar sus relaciones con los factores ambientales interactuantes. Ello se logra utilizando el programa llamado **ORDIFLEX**, procesando la información conforme a la técnica de ordenación polar.

Como producto final de esta ordenación se obtiene un plano delimitado por dos ejes de variación continua o gradientes, que responden a la mayor diferenciación composicional en el conjunto de relevamientos. Así, la posición relativa de los censos dentro del plano manifiesta las relaciones de similitud o disimilitud que mantienen respecto de aquellos censos más disímiles que constituyen los extremos de cada eje. Por otra parte, la interpretación de los ejes de variación composicional permite la posible asignación de gradientes ambientales a tales ejes.

4.3. Estructura de la vegetación en las áreas de extracción de leña

Los atributos estructurales de la vegetación presente en las áreas de extracción de leña resultan de relevamientos de campo efectuados según distintas técnicas conforme la complejidad de la unidad de vegetación a relevar. Para el caso de los tolares se emplea el método de la línea-intercepción y para las comunidades con árboles el método de la parcela.

El **método de la línea-intercepción** comienza con la ubicación de una línea en el campo, empleándose para ello una cinta métrica de 50 metros de longitud. Una vez dispuesta la cinta se comienza desde el origen observando la primera planta que es interceptada por la línea, ya sea por contacto o por proyección de su copa.

Para cada individuo de tola interceptado se apunta su estado (verde, seco, cortado), el número de intervalos en que aparece, la longitud de la línea interceptada por la planta y el ancho máximo de la copa perpendicular a la línea. Estos registros se asientan en una planilla especialmente confeccionada (Fig. 2). Se continúa de igual modo con los restantes individuos que son interceptados por la línea.

La planilla empleada para el registro de la información incluye tres columnas referidas a la altura del arbusto y los diámetros perpendiculares de su copa, datos que se relacionan con la estimación de su peso seco o fitomasa (explicado en el capítulo Disponibilidad de leña).

Una vez finalizado el relevamiento de las plantas en cada transecta, se registra la longitud de la línea que no es interceptada por las copas a fin de calcular el porcentaje de cielo descubierto. De modo similar se apunta la longitud de la línea sobre la que no hay bases de plantas a fin de calcular el correspondiente porcentaje de suelo desnudo.

Los datos obtenidos en el campo son procesados en gabinete con el objeto de calcular la densidad y la dominancia o cobertura; pudiendo tomarse la información de los intervalos para el cálculo de frecuencia.

Fig. 2. Modelo de planilla para el relevamiento de tolares.

LUGAR _____ LINEA _____ FECHA _____

UNIDAD _____ Cielo descubierto: _____ m.

Longitud línea _____ m. Longitud intervalos _____ m. Suelo desnudo: _____ m.

INDIVIDUOS	i	LI	W	h	D1	D2

Referencias:

DATOS PARA PARAMETROS ESTRUCTURALES

- i: número de intervalos en que aparece la planta
- LI: longitud de la línea interceptada por la copa (cm)
- W: ancho máximo de la copa perpendicular a la línea (cm)

DATOS PARA FITOMASA

- h: altura de la planta (cm)
- D1: diámetro mayor de la copa (cm)
- D2: diámetro perpendicular a D1 (cm)

La densidad es el número de individuos por unidad de superficie, en este caso se utiliza como medida "individuos por hectárea". Con la técnica empleada, la estimación de la densidad involucra el ancho de las plantas, puesto que la probabilidad de que un individuo sea interceptado por la línea es proporcional a su tamaño.

Consecuentemente para estimar la densidad de las tolas verdes es necesario calcular previamente la inversa de los anchos máximos individuales ($1/W$) de los ejemplares interceptados y luego computar la correspondiente sumatoria ($\Sigma 1/W$).

La fórmula empleada para estimar la densidad es

$$Densidad = \left(\sum \frac{1}{W} \right) \times \left(\frac{10000}{L} \right)$$

donde, 10000 es el factor para convertir a hectárea,
 L es la longitud total de las líneas (en metros),
 $(\sum 1/W)$ es la sumatoria de las inversas de los anchos máximos (en metros) de todos los individuos verdes de tola interceptados.

La dominancia es la cobertura total de la tola en función del área total muestreada expresada como porcentaje, de tal modo que su cálculo es

$$Dominancia = \frac{(\sum LI)}{L} \times 100$$

donde, $(\sum LI)$ es la sumatoria de todas las intercepciones de tola (en metros),
 L es la longitud total de las líneas (en metros).

Las líneas, con una longitud de 10 metros, fueron dispuestas en el campo conforme a un diseño regular, realizándose un par de líneas por estación con una separación de 10 metros entre ellas, y con una distancia entre estaciones de 50 a 150 metros según el sitio.

En Tuite se midieron 35 líneas dispuestas de a pares en estaciones distantes 50 metros, agregándose 5 líneas efectuadas dentro del cuadro de la vivienda; en La Redonda se ubicaron 20 líneas con idéntica disposición; mientras que en Muñayoc el total de líneas es de 24, en estaciones cada 150 metros.

El método de la parcela se aplicó en las unidades con árboles, estableciéndose distintas estaciones de muestreo conforme a la fisonomía de la vegetación y a la situación morfológica y topográfica relativa. La estación de muestreo consta de 10 parcelas contiguas de 10 x 10 metros, de modo que cada estación totaliza una superficie de 1/10 de hectárea.

El relevamiento propiamente dicho se inicia con la identificación de los individuos de queñua presentes en la parcela y su registro en una planilla especialmente confeccionada (Fig. 3).

Fig. 3. Modelo de planilla para el relevamiento de queñuales.

LUGAR: _____ UNIDAD: _____ ESTACION: _____
 FISONOMIA: _____ SUELO: _____ ALTITUD: _____

PARCELA	individuo	ALTURA				TRONCO
		distancia	ángulo sup.	ángulo inf.	altura	per. base

Cada individuo registrado es asignado a alguno de los siguientes tipos: árbol, arbusto, renoval, individuo seco, tocón (árbol talado) con rebrote y tocón sin rebrote. Luego se mide el perímetro del tronco en la base y, de ser posible la medición directa la altura del individuo. Para muchos árboles es necesario determinar su altura mediante hipsometría basada en la distancia del observador al árbol y los ángulos superior e inferior medidos con clinómetro.

Los datos registrados en las planillas sirven posteriormente para la estimación de la densidad y la dominancia de los diferentes tipos de individuos de queñua, parámetros cuyas fórmulas son:

$$Densidad = \frac{\text{número de individuos}}{\text{área muestreada}}$$

$$Dominancia = \frac{\text{área basal total}}{\text{área muestreada}}$$

Se destaca que el cálculo del área basal a partir de datos de perímetro implica asumir que los troncos medidos poseen secciones circulares.

Los datos de cada parcela, llevados a hectárea, sirven para obtener medidas estadísticas sumarias para cada estación. El promedio y la varianza de las distintas estaciones de cada sitio fueron usados para confirmar la existencia de diferencias entre las estaciones. Para ello se cumplimentó la *prueba de F* para diferencias entre varianzas y luego el *test de t* para diferencias entre promedios.

Para el caso de no existir diferencias entre los promedios de estaciones, las parcelas de cada estación fueron reunidas y valoradas como representativas de un único estado vegetacional.

4.4. Disponibilidad de leña

La cuantificación de las disponibilidades de leña en cada sitio analizado se basa en la aplicación de modelos predictivos del peso seco o fitomasa del material leñoso, sobre los datos registrados durante el relevamiento estructural de los tolares (línea-intercepción) y de los queñuales (parcelas).

4.4.1. Modelos predictivos del peso seco de leña

Con el fin de contar con herramientas estadísticamente válidas para predecir el peso de los materiales vegetales sin necesidad de cosechar nuevos individuos, se construyen modelos de regresión basados en cierto número de mediciones de la planta, comúnmente llamadas dimensionales, acompañadas por un muestreo destructivo de contados ejemplares que permiten determinar su peso parcial o total.

La intención al construir tales modelos es comprobar si existe una relación entre cada conjunto bivariado (tamaño/peso), y de existir, hallar la función que mejor ajuste la relación mantenida entre la variable independiente (el tamaño de la planta) y la variable dependiente (el peso del material vegetal). Si el modelo supera satisfactoriamente diversas pruebas estadísticas, es válida su aplicación en la predicción del peso del material con sólo medir las dimensiones involucradas, siempre y cuando no se encuentren fuera del rango de tamaños de referencia del muestreo destructivo.

Para cada una de las especies tratadas, el procedimiento se inicia en el campo con la selección de individuos de diferente talla asegurando el mayor rango posible de tamaños. Sobre estos individuos se obtienen determinadas mediciones que sean indicativas de sus dimensiones como altura, diámetros de la copa, perímetro del tronco en la base o a la altura del pecho (1.40 m). Luego las plantas son cortadas desde la base y pesadas en fresco con balanza calibrada para pesos a nivel del mar. Una cierta proporción del material cosechado (alícuota) es cuidadosamente pesado y embolsado; su ulterior secado a estufa servirá para determinar el contenido de humedad y el correspondiente valor de peso seco.

La cosecha de tola suma 10 ejemplares de diferente porte, con previa medición de la altura de la planta y dos diámetros de la copa, el mayor y su perpendicular. Dado que el recurso leña implica la utilización de plantas completas el material no se subdivide, obteniéndose el peso total por individuo y alicuotas para peso seco. Los sitios de muestreo son las planicies del Río Cincel y del Arroyo Puerta de Rodeo, cosechándose las plantas en los primeros días de agosto.

Para la queñoa, con 13 individuos apeados, las mediciones dimensionales son perímetro del tronco en la base y a la altura del pecho, altura del árbol y diámetros de la copa. El material se separa en tres compartimientos: tronco hasta la primera ramificación, ramas gruesas (diámetro mayor a 5 cm), y hojas y ramitas, conjuntos que se pesan en fresco y sobre los que se obtienen alicuotas para la determinación del porcentaje de humedad. El sitio de cosecha de queñoa corresponde a un bosque abierto situado a una altitud de 3865 msnm, sobre laderas de exposición E-SE relacionadas con el Cerro Solviayo, muestreándose los individuos a fines de julio.

Las alicuotas de tola y queñoa son secadas a estufa hasta peso constante, y luego pesadas en balanza electrónica.

Como variables independientes para la tola se integran los datos dimensionales en cobertura (superficie de la copa) y volumen de la mata (en forma de cilindro). Los modelos probados son lineales y potenciales.

En el caso de la queñoa se consideran como variables independientes: el producto entre el perímetro de la base del tronco y la altura del árbol (PB x Altura), volumen del cilindro que contiene al árbol (superficie de la copa por altura del árbol). Los datos son tratados sin transformar o bien transformados a logaritmos naturales.

Las bondades de los modelos de regresión construidos son evaluadas estadísticamente mediante el coeficiente de determinación (r^2), el análisis de la varianza (prueba de F) y el error estándar de la estimación (ESy). La aceptación de un modelo de regresión como válido, o bien la elección del modelo más satisfactorio, se verifica de acuerdo con los siguientes criterios: r^2 mayor o igual que 0.98, nivel de probabilidad igual o mayor al 99%, ES de la estimación bajo.

4.4.2. Estimación de la oferta de leña

La estimación de biomasa (peso seco por unidad de superficie) se logra integrando los datos dimensionales obtenidos durante el relevamiento estructural con la línea-intercepción para el caso de los tolares y con parcelas para los queñuales. Tales datos dimensionales son integrados de acuerdo con la variable independiente que mejor ajusta la regresión. El valor estimado de peso seco (en kg/individuo) es multiplicado por el valor de densidad correspondiente (en ind/hectárea) resultando en un valor determinado de biomasa o fitomasa (en kg/ha).

4.4.3. Estimación de la edad y crecimiento medio

Durante el desarrollo de las cosechas se obtuvieron secciones basales de los troncos para la estimación de edades por recuento de anillos bajo lupa. Las muestras obtenidas fueron sometidas a un proceso de lijado y pulido de las superficies de lectura, con ulterior agregado de sustancias de impregnación para incrementar el contraste entre los anillos.

De modo similar al explicado precedentemente, se construyen modelos de regresión entre edad y perímetro del leño, y edad y peso seco o fitomasa, que se evalúan estadísticamente por los mismos criterios señalados.

El crecimiento medio surge de las ecuaciones de regresión considerando el peso seco del material leñoso y la edad de los individuos, de modo que el conjunto de variables (X,Y) analizado se expresa en kg/año.

5. RESULTADOS

5.1. ESPECIES UTILIZADAS COMO RECURSO ENERGETICO

En todos los casos analizados las plantas aprovechadas como leña son, casi exclusivamente, tola y queñua, usándose respectivamente ejemplares completos y partes leñosas. Otras especies valoradas como recurso pero de uso esporádico, condicionado por la cercanía de la fuente y el tamaño de los arbustos, son horno-tola (*Parastrephia phyllicaeformis*), añagua (*Adesmia spp*), ricarica (*Acantholippia salsoloides*) y canguia (*Tetraglochin cristatum*). Varias leñosas muy frecuentes en los campos son descartadas por arder demasiado rápido o humear en abundancia, como tolilla, chijua y lejia, aunque pueden ser usadas para encender el fuego.

5.1.1. Tola: características, usos, peso seco, edad

La tola, *Parastrephia lepidophylla* (Weddell) Cabrera, es un arbusto siempre verde, resinoso e inerme de la Familia Compuestas que alcanza unos 150 cm de altura, aunque en trabajos realizados décadas atrás se citan grandes ejemplares de hasta 180 cm. Otros nombres comunes que recibe son "tola-vaca", "tola verde" y "tola común". Es un elemento exclusivo de la vegetación puneña sudamericana, extendiéndose desde Perú hasta San Juan.

Las matas presentan abundantes ramificaciones, con ramitas delgadas densamente cubiertas de hojas apretadas (Foto 1). Sus hojas, dispuestas en espiral y adosadas al tallo de modo más o menos imbricado, son carnosas y de forma oblonga, con abundante pilosidad blanca junto a la nervadura media en la cara inferior; miden unos 2 mm de largo por 1 mm de ancho.

Las flores aparecen a fines de invierno y principios de primavera, son amarillas y se agrupan en capítulos solitarios en el extremo de las ramitas.

Libre de la extracción de matas completas, crecen cubriendo densamente amplias superficies, formando los renombrados **tolares**, matorrales casi puros que se desarrollan principalmente sobre suelos de texturas finas en planicies aluviales.

Foto 1. Tola en floración.



Suele estar presente en número variable en diversos ambientes de la Puna. Aparece en aquellos caracterizados por la intervención de un subsidio hídrico en la forma de escurrimientos superficiales concentrados o bien movimientos verticales de los niveles freáticos. En consecuencia es posible hallar tola en terrazas fluviales, donde forma matorrales, y acompañando a otras leñosas a lo largo de las vertientes arenoso-gravilosas que trepan los cerros.

Entre los usos de la tola se destaca el hecho de constituir el combustible doméstico por excelencia dentro del ambiente puneño, muy valorado por arder fácilmente, humear poco y liberar agradable aroma.

En la bibliografía científica es mencionada como planta ramoneada por ganado menor, llamas y asnales; además se señala su valor como medicinal y tintórea.

En cuanto a los modelos de regresión para predecir el **peso seco** de los individuos de tola, ajustados durante el desarrollo de este estudio, el más satisfactorio desde el punto de vista estadístico es aquel que toma como variable independiente al volumen de la mata (asumiendo una forma de cilindro), y la relaciona con la variable dependiente (peso seco total) siguiendo una ecuación de tipo potencial (Cuadro 3).

Cuadro 3. Trascendencia estadística del modelo de regresión para peso seco de tola.

X	Y	ecuación	a	b	n	r ²	ESy	p
VOLUMEN DE LA MATA dm ³	PESO SECO TOTAL kg	potencial	0.018	0.78	10	0.993	0.195	99.9

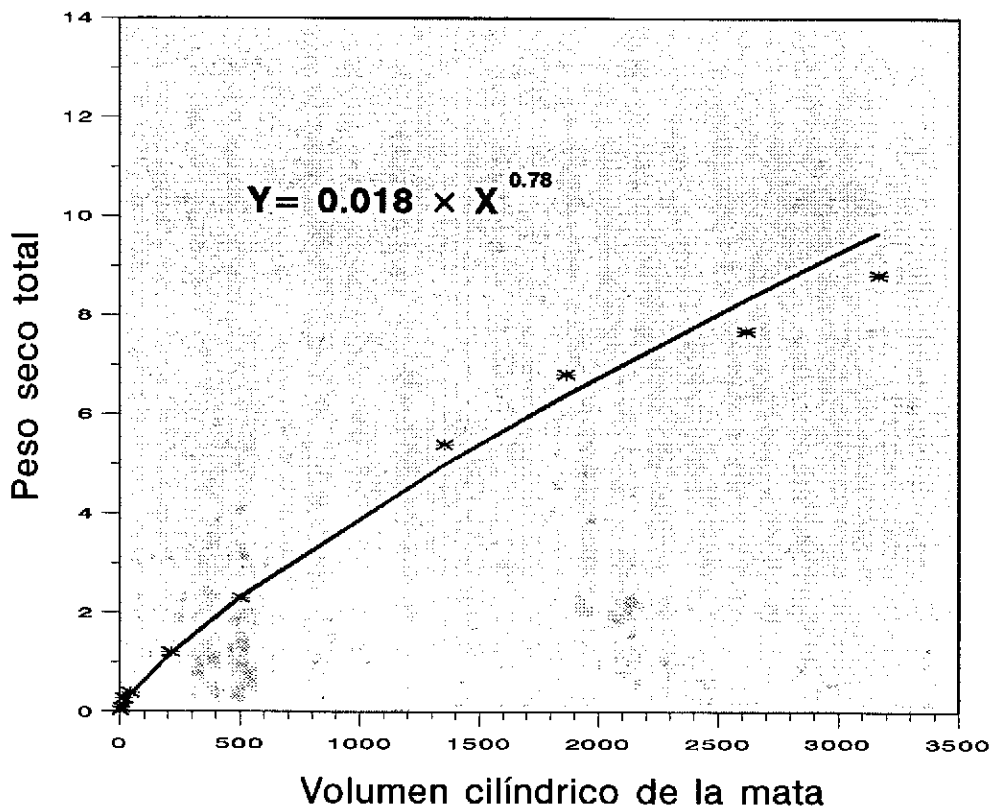
La variable independiente (X) se obtiene aplicando la fórmula del volumen del cilindro (en dm³) a los datos de altura de la planta y diámetros perpendiculares de la copa. La variable dependiente (Y) es el peso seco total de la planta (en kg/individuo).

Los valores extremos de las matas cosechadas para la construcción del modelo establecen el rango de aplicación de la regresión (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rango de aplicación de la regresión: medidas de los ejemplares extremos (en metros).

		DIAMETRO MAXIMO DE LA COPA	DIAMETRO 2 DE LA COPA	ALTURA DE LA PLANTA
TOLA	mínimo	0.15	0.10	0.12
	máximo	2.10	2.00	0.96

Fig. 4. Modelo de regresión para predecir el peso seco total de tola (en kg).



La diagramación de los datos obtenidos a partir de la cosecha de ejemplares de diferente talla junto con la curva resultante de las estimaciones del modelo de regresión y su correspondiente ecuación, permite apreciar las bondades del ajuste (Fig. 4).

Cabe señalar que las estimaciones del peso seco total de la tola por la regresión precedente son algo inferiores a las generadas por modelos potenciales incluidos en obras consultadas (Braun Wilke y colaboradores, 1988) que emplean la misma variable independiente. Esas diferencias pueden deberse a la disimilitud en la época de muestreo, a la altitud de referencia usada en la calibración de la balanza, o tal vez por disparidades en los mayores tamaños de los ejemplares cosechados.

Con respecto a la estimación de **edades** en base a la observación de los anillos de crecimiento sobre secciones basales de los troncos, merece apuntarse que si bien los anillos aparecen demarcados en las muestras obtenidas, se asume tentativamente y con dudas una relación entre edad y perímetro de 1:1.

Luego de descartar material defectuoso por podredumbre de la parte central, se han construido regresiones de tipo lineal y potencial entre el perímetro basal del tronquito y la edad asumida en base a la relación 1:1 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Trascendencia estadística de modelos de regresión para edad de tola.

X	Y	ecuación	a	b	n	r ²	ESy	p
PERIMETRO BASAL DEL TRONCO cm	EDAD años	lineal	0.65	1	8	0.988	0.704	99.9
		potencial	1.19	0.96	8	0.984	0.079	99.9

Las correspondientes ecuaciones de los modelos lineal y potencial, ajustados según la variable independiente en centímetros con valores extremos de 4 y 19 cm y la variable dependiente en años, son:

$$EDAD = 0.65 + (PB \times 1)$$

$$EDAD = 1.19 \times PB^{0.96}$$

Con respecto a las relaciones entre altura-edad y edad-peso seco no se obtuvieron regresiones estadísticamente aceptables, circunstancia que invalida la estimación del crecimiento medio de tola.

El contenido de humedad de las muestras cosechadas es relativamente bajo, promediando un 25% del peso total de las plantas.

5.1.2. Queñua: características, usos, peso seco, edad

La **queñua**, *Polylepis tomentella* Weddell, también denominado "queñua" o "queñoa", es una leñosa perennifolia inerte de la Familia Rosáceas. Crece en forma arbórea y en forma arbustiva. Como árbol no registra alturas superiores a los 10 metros, siendo excepcional que casi los alcance; la mayoría de los individuos medidos tienen entre 4 y 7 metros (Foto 2).

Foto 2. Arbol de queñua de 6.70 m de altura en un bosque denso.

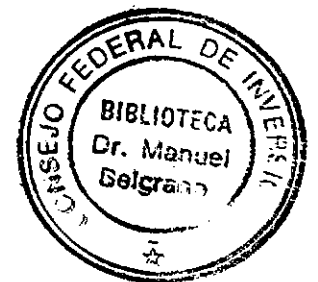


Foto 3. Detalle de la corteza de queñua.



Los troncos, mayoritariamente retorcidos, muy a menudo se presentan ramificados desde el suelo o a baja altura, siendo esporádico que alcancen la altura del pecho sin ramificación. El mayor valor del diámetro del tronco en la base, medido en este estudio, es de 87.5 cm para un árbol de 9.42 m de altura.

La corteza del tronco, de las ramas y de las ramitas es muy llamativa por su coloración y textura. Está conformada por gran número de láminas exfoliables, de consistencia papirácea y color rojizo a castaño-ferrugíneo oscuro (Foto 3).

Foto 4. Detalle del follaje de queñua a fines del invierno.



Las hojas tienen pecíolo canaliculado y envainador, con lanas en la zona axilar. Son compuestas imparipinadas, llevando 3 folíolos. Los folíolos tienen forma oblonga y margen crenado-aserrado; son discolores, más claros en la superficie inferior debido a una pubescencia corta; miden entre 1-2 cm de largo y 0.5-1 cm de ancho (Foto 4).

Las flores, agrupadas en racimos axilares, no tienen pétalos aunque son llamativas por sus estambres rojo-oscuros. El fruto es seco; con sus cortas alas alcanza unos 10 mm de largo.

La madera de queñua es moderadamente dura, pardo-rojiza en estado fresco. Los troncos analizados exhiben considerable porcentaje de humedad con un promedio de 41% del peso fresco; en cambio las ramas gruesas rondan el 36%. La sección del leño es de contorno irregular, con profundas hendiduras ocupadas apretadamente por las láminas de la corteza. Su albura es de color rosado pálido, y el duramen rojizo o púrpura-oscuro; sobre ambas porciones se observan con nitidez los anillos de crecimiento.

Los troncos de mayores diámetros presentan comúnmente podredumbre de la porción central del duramen que afecta su estructura, color y poder calórico. También cuentan con la adversidad de insectos xilófagos, presumiblemente taladrillos, cuyas secuelas han podido observarse en las inspecciones de leña realizadas durante el desarrollo del estudio.

Los queñuales crecen en las serranías con suelos sueltos de abundantes bloques o rocas agrietadas, donde forman bosques y arbustales, según se trate de individuos arbóreos o arbustivos respectivamente.

Los bosques son densos o abiertos según la humedad edáfica disponible, siendo norma que los primeros se ubiquen junto a las praderas herbáceas y pajonales de manantiales, y los segundos se distribuyan siguiendo las vertientes serranas. El bosque denso representa un hábitat inigualable dentro de la Puna, sirviendo de refugio para varios elementos de la fauna e incluso el ganado. En las partes relativamente más secas de las laderas es habitual que la queñua adopte porte arbustivo, más achaparrado en las pendientes altas, formando arbustales de 2-3 m de altura.

Todos los bosques analizados presentan tocones de árboles talados, muchos de los cuales tienen rebrotes; pero al parecer no reitera árboles sino arbustos.

Entre los usos habituales de los queñuales, además de la provisión de leña, se citan la extracción de troncos para tirantería de viviendas rurales, y de ramas y troncos delgados para postes.

En cuanto al ramoneo, el follaje de renuevos y formas arbustivas es consumido moderadamente por camélidos y ganado menor, aunque se lo valora como de escaso valor nutritivo.

En el presente estudio se ajustan modelos de regresión para la predicción del peso seco de individuos de queñua (el Cuadro 6 incluye los más satisfactorios). Según los diferentes compartimientos separados al momento de efectuarse las cosechas, las variables dependientes son el peso seco del individuo completo (total), del tronco, de las ramas gruesas y de hojas y ramas finas. Las independientes son el producto del perímetro basal del tronco y la altura del árbol (PB x Altura), el mismo producto usando el cuadrado del perímetro basal del tronco (PB² x Altura), y el volumen del cilindro que contiene a la planta, que a diferencia de las anteriores considera la superficie o cobertura de la copa.

Cuadro 6. Trascendencia estadística de modelos de regresión para peso seco de queñua.

X	Y	ecuación	a	b	n	r ²	ESy	p
PB x ALTURA m ²	PESO SECO TOTAL kg	potencial	7.57	1.53	13	0.979	0.412	99.9
PB ² x ALTURA m ³		lineal	-1.32	17.3	13	0.982	19.384	99.9
VOLUMEN CILINDRO m ³		potencial	3.36	0.88	13	0.980	0.401	99.9
PB x ALTURA m ²	PESO SECO LEÑO kg	potencial	3.9	1.8	11	0.991	0.220	99.9
PB ² x ALTURA m ³		lineal	-3.66	14.1	13	0.986	13.8	99.9
VOLUMEN CILINDRO m ³		potencial	2.73	0.86	11	0.977	0.361	99.9
PB x ALTURA m ²	PESO SECO TRONCO kg	potencial	0.49	2.35	10	0.908	0.792	99.9
PB ² x ALTURA m ³		lineal	-2.28	5.59	13	0.962	9.142	99.9
PB x ALTURA m ²	PESO SECO RAMAS GRUESAS kg	potencial	2.83	1.7	11	0.959	0.459	99.9
PB ² x ALTURA m ³		lineal	-1.37	8.55	13	0.957	14.971	99.9
VOLUMEN CILINDRO m ³		potencial	2.00	0.82	11	0.958	0.467	99.9
PB x ALTURA m ²	PESO SECO HOJAS Y RAMAS FINAS kg	potencial	2.86	1.22	13	0.943	0.549	99.9
VOLUMEN CILINDRO m ³		potencial	1.48	0.71	13	0.971	0.391	99.9

El rango de aplicación de los modelos está dado por los valores extremos de los ejemplares cosechados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rango de aplicación de las regresiones: medidas de los ejemplares extremos (en metros).

		DIAMETRO MAXIMO DE LA COPA	DIAMETRO 2 DE LA COPA	ALTURA	PERIMETRO BASAL DEL TRONCO
QUEÑUA	mínimo	0.40	0.26	0.50	0.09
	máximo	6.90	6.20	5.20	2.21

Si bien todos los modelos incluidos en la tabla precedente mantienen satisfactorios niveles de probabilidad, ninguno de los ajustados para tronco, ramas gruesas y hojas y ramas finas alcanza o supera un $r^2 = 0.98$.

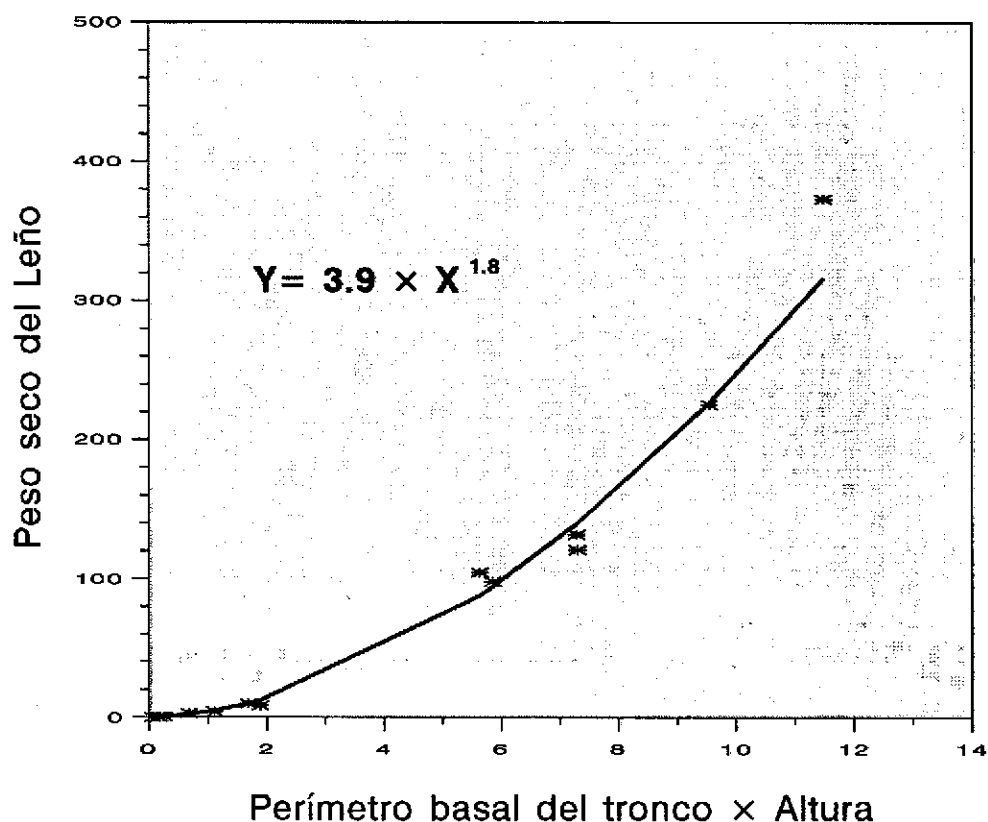
En función de los objetivos perseguidos, la atención se centra en el modelo de regresión para la predicción del peso seco del leño (tronco + ramas gruesas) basado en el producto entre el perímetro del tronco en la base y la altura del árbol (PB x Altura) (Fig. 5). Esta relación es altamente significativa desde el punto de vista estadístico ($r^2 = 0.99$ para un 99.9% de probabilidades), y de gran practicidad en el campo puesto que es más fácil medir perímetros de troncos que diámetros de copa. La ecuación predictiva del peso seco del leño (en kg) es:

$$\text{Peso seco} = 3.9 \times (PB \times \text{Altura})^{1.8}$$

Como modelo alternativo, puede aceptarse la relación lineal entre el peso seco del leño y el producto entre el cuadrado del perímetro basal del tronco y la altura (PB² x Altura), donde la estimación del peso seco del leño (en kg) es:

$$\text{Peso seco} = -3.66 + [(PB^2 \times \text{Altura}) \times 14.1]$$

Fig. 5. Modelo de regresión para predecir el peso seco del leño de queñua.



Comparando los modelos basados en el volumen del cilindro que contiene a la planta (Cuadro 6), con las regresiones presentadas por investigadores ante congresos científicos (Braun Wilke y colaboradores, 1988), se aprecia que los valores del coeficiente b no difieren significativamente, aunque sí lo hacen los valores de la constante a . Se presume que una gran proporción de tales diferencias está explicada por la época de muestreo, puesto que en invierno se mantiene mucha menor cantidad de follaje. En cuanto a las divergencias en el compartimiento leñoso, si bien no se lo define de idéntico modo, es de suponer que se originen por la variabilidad de las formas y tamaños de las copas.

Con respecto a la estimación de **edades**, el recuento de anillos es sencillo en la mayoría de las muestras. Las provenientes de troncos con mayores diámetros presentan el centro podrido, y algunas exhiben manchas oscuras; ambas situaciones impiden o dificultan la identificación de los anillos.

Descartando las muestras defectuosas y tomando sólo muestras con perímetros inferiores a los 100 cm, se ajusta un modelo de tipo potencial (Cuadro 8), entre el perímetro del tronco en la base (en cm) y la edad (en años), cuya ecuación es:

$$EDAD = 5.01 \times PB^{0.5}$$

Cuadro 8. Trascendencia estadística del modelo de regresión para edad de queñua.

X	Y	ecuación	a	b	n	r ²	ESy	p
PERIMETRO BASAL DEL TRONCO cm	EDAD años	potencial	5.01	0.5	9	0.963	0.10	99.9

De acuerdo con el modelo, de relativa validez estadística ($r^2 = 0.963$), la edad estimada para un tronco de 100 cm de perímetro en la base (unos 32 cm de diámetro) es de 50 años, valor que se corresponde con la lectura efectuada sobre tres muestras. El modelo no sirve para extrapolaciones, puesto que para una muestra de 165 cm de perímetro en la base con centro podrido de 15 cm de diámetro, la estimación del modelo resulta en 64 años, mientras que la lectura de anillos de la porción sana es de 99 años, pudiendo alcanzar unos 145 años si se asigna edad al sector defectuoso.

Otras relaciones bivariadas, como altura-edad y edad-peso seco del leño, no arrojaron regresiones estadísticamente aceptables, razón que impide la estimación del crecimiento medio de queñua.