

01H.1225
G26
Inf. Final

40185

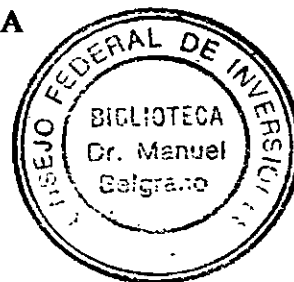
**USO Y DISPONIBILIDAD DE LEÑA
EN TUIITE, LA REDONDA Y MUÑAYOC**



VEGETACION NATURAL

SUSTENTO AL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

EN LA PUNA JUJEÑA



01H.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 over a faint, large watermark or logo that is partially obscured.

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.

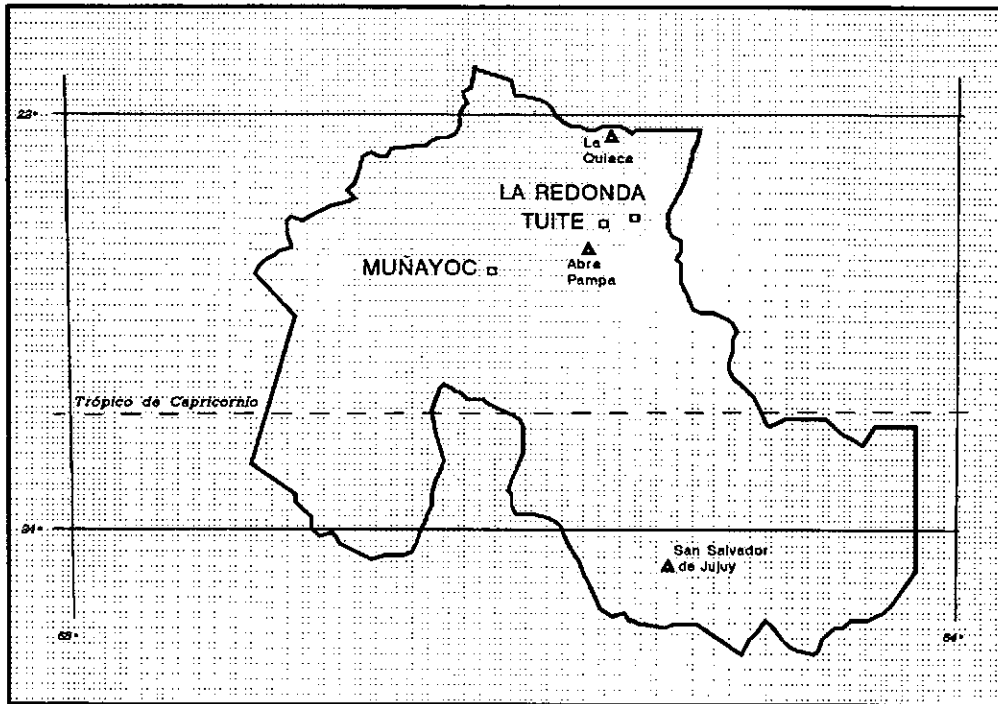
Durante esta recorrida se efectuaron relevamientos expeditivos de la vegetación natural presente en los alrededores de las localidades visitadas. Tales relevamientos tuvieron como objetivos el reconocimiento de plantas potencialmente utilizables como leña, la determinación de la composición florística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

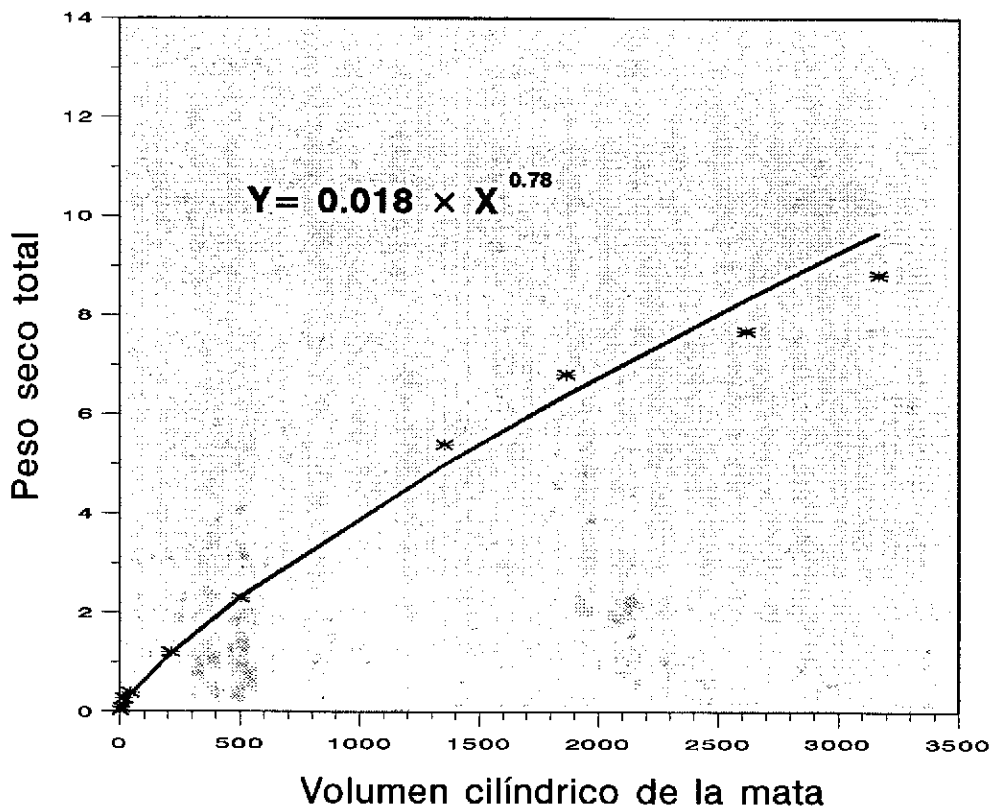
La variable independiente (X) se obtiene aplicando la fórmula del volumen del cilindro (en dm³) a los datos de altura de la planta y diámetros perpendiculares de la copa. La variable dependiente (Y) es el peso seco total de la planta (en kg/individuo).

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 inerme 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.

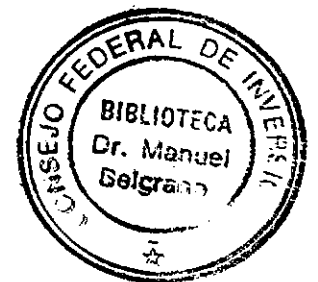


Foto 3. Detalle de la corteza de queñua.



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 $r^2 = 0.98$.

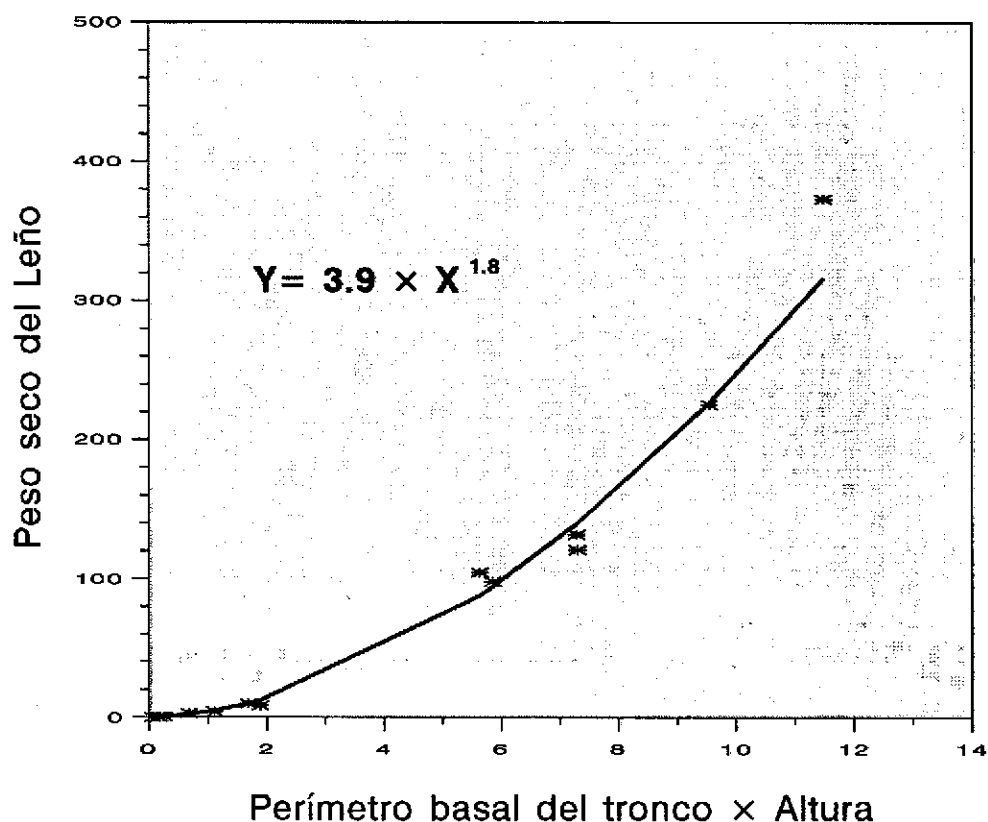
En función de los objetivos perseguidos, la atención se centra en el modelo de regresión para la predicción del peso seco del leño (tronco + ramas gruesas) basado en el producto entre el perímetro del tronco en la base y la altura del árbol (PB x Altura) (Fig. 5). Esta relación es altamente significativa 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 ($PB^2 \times \text{Altura}$), 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.

5.2. CARACTERIZACION DEL USO DE LEÑA

El aprovechamiento de ejemplares completos de tola y partes leñosas de queñua está destinado al uso en hogueras para la cocción de alimentos y para el calentamiento de agua.

El manejo actual de la tola se inicia en las planicies con la selección de aquellos ejemplares con copa más voluminosa, cuya extracción se realiza mediante el uso de pico o hacha, removiendo incluso parte del leño subterráneo que constituye la estructura con mayor valor calórico. La zona de extracción de leña coincide con los sectores de pastoreo asignados, desde donde se transporta el material cosechado hacia el domicilio en camioneta, carretilla o bien como atado o *quepi* cargado sobre la espalda. Las plantas cosechadas y almacenadas junto a la vivienda son utilizadas en estado seco luego de unos cinco días de extraídas. Se destina como fuente principal de leña, a menos que se cuente con queñua, en cuyo caso la tola se emplea para encender el fuego o reavivarlo.

El uso de la queñua depende de la relativa proximidad con las serranías pobladas por bosques, aunque no debe soslayarse que la utilización de queñua dentro de una amplísima zona del Departamento Rinconada depende de la provisión desde la Sierra de Quichagua.

La extracción de leña se realiza en la sierra, recolectando ramas secas del piso o desgajando individuos muertos, o bien se hacen ramas y troncos sobre ejemplares vivos. La remoción total de las láminas de la corteza del tronco, o su quemado, son técnicas empleadas para acelerar la desecación de los árboles, facilitándose así el desrame manual y su acarreo.

El material extraído se acumula en determinados puntos de las laderas, desde donde se lleva pendiente abajo mediante burros o camioneta, en caso de existir sendas. La carga al hombro de pares de ramas largas o varias en atados es más rara. Luego el material es fraccionado con hacha hasta los tamaños preferidos, cuyas longitudes son de 50 a 100 cm y sus diámetros de 10 a 30 cm.

El leño de árboles de mayores diámetros es menospreciado a causa de podredumbres y perforaciones de insectos xilófagos que habitualmente afectan el duramen y disminuyen su poder calórico. Este estado deficiente se reconoce por presentar coloración parda, en lugar de la típica tonalidad rojiza.

Cuadro 9. Tipificación del uso de leña por sitio.

		TUITE	LA REDONDA	MUÑAYOC
Vivienda		Sra. G. Canavide	Sr. M. Viltc	Escuela N° 345
Población adulta		2	2	9
Población infantil		-	1	62
Fuente calórica	principal	tola	tola y queñua	tola y queñua
	suplementaria	estiércol	gas envasado	-
	complementaria	-	-	troncos extra-regionales
Consumo diario (kg/día)	tola	13	13	72
	queñua	-	5	50
Consumo anual (kg/año)	tola	4680	4680	12672 *
	queñua	-	1800	8800 *
	troncos extra-regionales	-	-	1000-1500
Leña almacenada (medidas en cm)	tola altura - diámetro de copa	plantas enteras 50 x 120	plantas enteras 70 x 150	plantas enteras frescas 90 x 190
	queñua longitud - diámetro	-	ramas y troncos secos 80 x 30	ramas secas 70 x 15 troncos secos 100 x 25
Provisión de tola	extracción	manual	manual	manual
	transporte frecuencia plantas por viaje	quepi al hombro diaria 2-3 plantas	camioneta mensual 35-40 plantas	carretilla 2 al día 4-5 plantas
Provisión de queñua	extracción transporte frecuencia	manual quepi o burro muy esporádica	manual camioneta mensual	manual 250 kg/alumno a cargo de los padres

* Se considera el año escolar como 8 meses de 22 días.

En Tuite, la Sra. Gertrudis Canavide consume diariamente un *quepi* o atado de tola, equivalente a unos 13 kg en peso seco de plantas enteras extraídas en su área de pastoreo día tras día. Tal cantidad no alcanza a suplir las demandas de cocción de alimentos de la jornada, razón por la que emplea estiércol de ganado como combustible suplementario. Esporádicamente aprovecha horno-tola (*Parastrephia phyllicaeformis*), plantas grandes de añagua (*Adesmia spp*) y de canguia (*Tetraglochin cristatum*), y raras veces palos secos de queñua.

En **La Redonda**, el Sr. Manuel Vilte utiliza como fuentes calóricas principales tola y queñua, ambas secas, y gas envasado en garrafa como suplemento. Durante la mayor parte de la semana unos 13 kg de tola y 5 kg de queñua alcanzan diariamente para una población de 2 adultos y 1 niño, cantidad que se eleva a 4 en los días sin actividad escolar. Los ejemplares completos de tola y los leños de queñua requeridos son removidos dentro de su área de pastoreo, con extracciones de frecuencia mensual y transporte en camioneta.

En **Muñayoc**, la Escuela N° 345, con 62 alumnos y 9 adultos, usa plantas enteras de tola fresca y leño seco de queñua como fuentes calóricas principales, teniendo troncos de árboles extra-regionales como complemento. Se usan para la cocción de alimentos, 4 veces al día, y el calentamiento permanente de agua en un termotanque.

La provisión de tola está a cargo de personal de la escuela, que la colecta en un tolar cercano dos veces al día. Cada viaje implica la remoción de unas cuatro plantas enteras y voluminosas, cuya copa alcanza los 190 cm de diámetro, y su transporte en carretilla directamente hasta la cocina.

En cambio, la provisión de queñua está encomendada a los padres de los alumnos, a razón de 250 kg de leña seca por alumno, como cuota obligatoria sin retribución económica. El aporte consiste en ramas de 6-15 cm de diámetro y unas pocas secciones incompletas de troncos de hasta 30 cm de diámetro. Dada la amplia zona de radicación de la población escolar, es difícil precisar los sitios serranos de recolección de queñua.

La fuente complementaria está a cargo del organismo oficial pertinente en la Provincia, que remite 1-1.5 toneladas al año de rollizos de árboles de las selvas y bosques del sudeste provincial. Dadas las dificultades que plantea el trozado de troncos, con unos 40 cm de diámetro, el uso del material es demorado hasta la escasez de las fuentes principales.

Durante la semana escolar, se consumen 450 kg de tola verde, unos 360 kg en peso seco, y 250 kg de queñua seca.

5.3. CLASIFICACION DE UNIDADES DE VEGETACION

Las unidades de vegetación presentes en las áreas de extracción de leña y sus inmediaciones son denominadas siguiendo un criterio fisonómico-florístico, tomando en cuenta el aspecto de que ofrece la vegetación al observador (fisonomía) y la denominación científica de la especie dominante.

Debe apuntarse que la composición florística de las unidades discriminadas sólo está referida a aquellas especies que mantienen la porción aérea durante el invierno, como las leñosas, los subarbustos, los pastos y algunas hierbas; excluyéndose gran número de especies de geófitas y anuales que tal vez pudieran diferenciar la vegetación de otro modo.

Como resultado del análisis de los 203 censos fitosociológicos realizados se distinguen la siguientes unidades principales, cuya descripción se resume en las páginas siguientes:

1. Bosques densos de *Polylepis tomentella* (queñua)
2. Bosques casi densos de *Polylepis tomentella* (queñua)
3. Bosques abiertos de *Polylepis tomentella* (queñua) sobre quebradas
4. Bosques abiertos de *Polylepis tomentella* (queñua) sobre laderas
5. Arbustales altos de *Polylepis tomentella* (queñua)
6. Estepas arbustivo-graminosas orófilas de *Baccharis incarum* (leja) con *Azorella compacta* (yareta) y *Festuca chrysophylla* (iros)
7. Estepas arbustivas de *Baccharis boliviensis* (chijua) con *Polylepis tomentella* (queñua)
8. Estepas arbustivas de *Baccharis boliviensis* (chijua) y *Fabiana densa* (tolilla)
9. Estepas arbustivas y arbustales bajos de *Parastrephia lepidophylla* (tola)
10. Estepas arbustivas de *Parastrephia lepidophylla* (tola) con *Acantholippia salsoloides* (rica-rica)
11. Estepas arbustivas y arbustales bajos de *Parastrephia lepidophylla* (tola) con *Anthobryum triandrum* (champa)
12. Matorrales de *Parastrephia lepidophylla* (tola)
13. Peladares con *Parastrephia lepidophylla* (tola)

La particular composición de plantas características y especies perennes acompañantes (excepto geófitas) en cada comunidad vegetal, se muestran en la tabla fitosociológica sintética (Cuadro 10). Allí se advierte que muchas de las unidades discriminadas exhiben marcadas afinidades composicionales, por lo que podrían ser englobadas como variantes de un menor número de entidades de vegetación principales. Sin embargo, dado el énfasis puesto sobre el recurso leña se considera más interesante desagregar el complejo vegetacional de acuerdo a la presencia y abundancia de las plantas valoradas como recurso que en la tabla aparecen destacadas: tola y queñua, ésta diferenciada según su porte en formas arbóreas y en formas arbustivas y renuevos.

Como guía para la visualización de las unidades se ofrece la siguiente definición de fisonomías, excluyendo aquellas no relevadas, como praderas y pajonales, típicas de sitios húmedos.

- **Bosques:** formaciones dominadas por árboles. Son **densos** si las copas se tocan o superponen, y **abiertos** si no lo hacen.
- **Matorrales:** tipos de vegetación dominados por arbustos de más de 100 cm de altura, cuyas copas se tocan o entrecruzan.
- **Arbustales:** vegetación dominada por arbustos de más de 100 cm de altura, cuyas copas no se tocan. Si los arbustos dominantes tienen más de 200 cm de altura se trata de arbustales altos.
- **Estepas arbustivas:** tipos de vegetación dominados por arbustos menores de 100 cm de altura; dispuestos distanciadamente sobre el terreno de modo que dejan amplios sectores descubiertos.
- **Estepas arbustivo-graminosas:** formaciones dominadas por arbustos menores de 100 cm de altura y pastos que usualmente adoptan formas de matas densas.
- **Peladares:** vegetación muy rala donde el conjunto de plantas no alcanza a contrarrestar el dominio que ejerce el sustrato.

Cuadro 10. Tabla fitosociológica de las unidades de vegetación discriminadas.

		13	10	9	11	12	8	6	7	5	3	4	2	1	
<i>Anthobryum rianandrum</i>	*	champa	L+		III.1										
<i>Nardophyllum armatum</i>	**	nuri-yani	L+												
<i>Fabiana aff. denudata</i>	**	toñilla	I.1	I.r											
<i>Ephedra sp.</i>	**	piñaco	I+	I+											
<i>Acantholippia setoloides</i>	**	rica-rica		IV.1											
<i>Fabiana punensis</i>	**	toñilla		II.1											
<i>Senecio filaginoides</i>	**	coeco		I+											
<i>Adesmia horrida</i>	**	añagüta	L+	III.+	III.+	I.r									
<i>Astragalus sp.</i>		garbanzo	L+	II.+	II.+	L+	I+							L+	
<i>Tetraglochin citarum</i>	**	cangüta	II.1	V.1	III.+	II.+	III.1	V.1	IV.2	II.1	III.+	II.+			
<i>Pennisetum chilense</i>		esporo	L+	II.1			I+		II.+		I+			L+	
<i>Festuca crysophylla</i>		iras		II.+	II.1		L+	IV.2	II.1						
<i>Fabiana patagonica</i>	**	toñilla	II.+		I.1		I+		I+		I.1				
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	**	TOLA	V.+	V.2	V.3	V.3	V.5	II.1	III.2	II.+		I+	III.1	IV.+	L+
<i>Festuca sp.</i>		chillagüta			I+	I+	II.+				II.+	I+	III.1	II.+	
<i>Piptochaetium sp.</i>		paja			I+				I+		I.1				
<i>Parastrephia physalisformis</i>	**	horno-tola			L2			I.1	I+			IV.+	II.1		
<i>Lophopappus cuscutarum</i>	**	quinena					L1		II.+	II.+	I+	I.1			
<i>Stipa aff. leptostachya</i>		peja amarilla					I+		I+	III.1	II.1	II.1			
<i>Trichocereus tarijensis</i>	**	poco					I+		I+	II.+	I+	Lr			
<i>Adesmia spinulosissima</i>	**	añagüta					L2		II.1	I.1		I.1			
<i>Mathuenopsis sp.</i>	**	quepo					II.+		I+	I+		I+			
<i>Tephrocactus sp.</i>	**						I+		II.1	I+				L+	
<i>Ephedra sp.</i>	**	piñaco					I+	I+	I+	I+					
<i>Chellaanthes prinata</i>		chujcho					I+	II.1	III.+	V.1	IV.+	IV.1	III.+		
<i>Fabiana densa</i>	**	toñilla	I.1	I.+			V.1	IV.2	IV.1	III.+	III.+	I.1	I.+		
<i>Opuntia sp.</i>	*	airumpo	I.+				II.+	I+	II.+	II.+	Lr	II.+			
<i>Adesmia trinacea</i>	**	añagüta					I+	III.1	I+	IV.2	III.+	III.+	II.1		
<i>Lupinus sp.</i>		chiriguata					I+	I+	II.1	II.+	II.+	I+	III.+		
<i>Ephedra aff. breana</i>	**	piñaco					II.+	I.1	IV.1	I+	III.+	II.+	II.+		
<i>Baccharis boliviana</i>	**	chijua			I.r		V.2	I+	V.2	V.+	V.+	V.1	V.+	V.+	
<i>Baccharis incarum</i>	**	leña					I+	V.2	III.+	IV.+	IV.+	V.1	III.1	III.+	
<i>Gutierrezia mandanlii</i>	*	cuchalagua					L+	L2	IV.1	I+	III.+	I+	III.1	L+	
<i>Gnaphalium sp.</i>		tira-nira					I+	III.1	I+	I+	II.+				
<i>Chaetbraga spinosa</i>	**	azafrán					I.1	I.1	I.1	I.1			I.1		
<i>Stipa aff. ichu</i>		paja blanca					L+	IV.1	III.1	I.1					
<i>Notholaena nivea var. nivea</i>							L+	II.+	I+	III.+			L+		
<i>Pellaea ternifolia</i>		chujcho					L2	IV.1	Lr	IV.+		I.1			
<i>Notholaena arequipensis</i>							II.1		III.1	II.+	I.1				
<i>Notholaena nivea var. flava</i>							L+	I+	I+	I+	I.1				
<i>Polytepta tomentella (1)</i>	**	QUERÑUA					IV.1	V.1	V.3	V.3	V.2	V.2	V.3	V.1	
<i>Polytepta tomentella (2)</i>	**	QUERÑUA					II.1	III.+	IV.1	V.2	V.2	V.4	V.5		
<i>Mulinia fruticosa</i>	*	chinchicompa					I+	I.1	I+	II.1	I+	IV.1	IV.1		
<i>Chilictrichoptera keidellii</i>	**						I.1	II.+	II.1	III.1		II.1	III.+		
<i>Cherodoma argentea</i>	**	copal-tola					II.1	II.+	IV.+	II.+	III.+	IV.+	I.+		
<i>Azorella compacta</i>	**	yareta					V.1	I+	I+	I+	I+	I+	I+		
<i>Stipa aff. crysophylla</i>							V.1	Lr	L+		II.+				
<i>Senecio graveolens</i>	**	chachacoma					IV.+								
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	**	cohu					II.+								
<i>Krameria litsea</i>	**	chipichapo					L+	I+							
<i>Stipa sp.</i>							I.1	I+							
<i>Aristida sp.</i>							II.1	II.1							
<i>Selaginella sp.</i>							I.1	I+							
<i>Charadoma aff. fodopappa</i>	**	copal-tola						I+							
<i>Colletia aff. spinosa</i>	**	crucero						I.1							
<i>Philibertia gilliesii</i>	*	lochero						II.1							
<i>Salvia gilliesii</i>	**	salvia						I.1							
<i>Oreocervus sp.</i>	**							I+							
<i>Polypodium argentinum</i>								I+			I.r				
<i>Buddleja hieronymi</i>	**	tanana						I+			II.2				
<i>Bartsia sp.</i>								I+			I+				
<i>Rebunium richardianum</i>								I+					I.1		
<i>Eupatorium azangaroense</i>	*							III.+	I+	V.1			I.1		
<i>Stevia aff. minor</i>								III.1	II.+	II.1	I.1				
<i>Achyrocline ramosissima</i>								I+		I+			I.2		
<i>Satureja parvifolia</i>	**	mufa-mufa						I+	I.1	IV.+	I+	II.2	V.1		
<i>Senecio radbeckiaefolius</i>	*	amaicha							Lr	Lr			II.+	IV.+	
<i>Cortaderia sp.</i>		cortadera							I+	III.1					
<i>Neoverdermannia vorwerkii</i>	*	schacana							I+						
<i>Poa sp.</i>									I.1						
<i>Cajophora sp.</i>		ortiga											II.+		
<i>Dryoxia sp.</i>		guala												L+	

REFERENCIAS:

- ** Leflorea
- * Sub-leforea
- (1) Queñua: renovales y formas arbustivas
- (2) Queñua: árboles

- 1. Bosques densos de queñua
- 2. Bosques casi densos de queñua
- 3. Bosques abiertos de queñua (quebradas)
- 4. Bosques abiertos de queñua (adefras)
- 5. Arbustales altos de queñua
- 6. Estepas arbustivo-gramíneas orófilas
- 7. Estepas arbustivas de chijua con queñua
- 8. Estepas arbustivas de chijua y toñilla
- 9. Estepas arbustivas de tola
- 10. Estepas arbustivas de tola con rica-rica
- 11. Estepas arbustivas de tola con champa
- 12. Matorrales de tola
- 13. Peladares con tola

V. 3

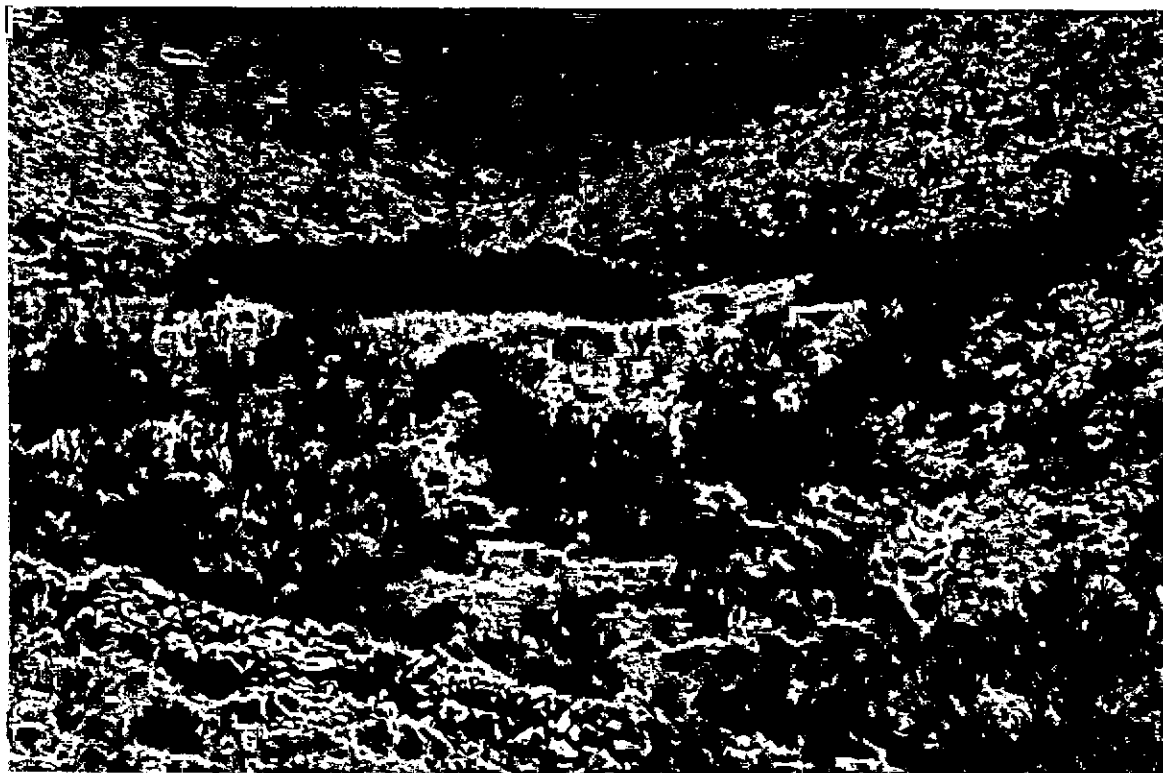
— Valor de abundancia-dominancia (ver Cuadro 1)
 |— Valor de grado de presencia (ver Cuadro 2)

- Bosques densos de *Polylepis tomentella* (queñua). # 1-2

Los queñoales densos representan una fisonomía sorprendente dentro del paisajes puneño, constituyendo un hábitat inigualable que ofrece refugio a diversos elementos de la fauna, particularmente invertebrados y aves.

Se ubican en las porciones definitivamente húmedas, pero no saturadas, de las laderas del ambiente serrano (Foto 5). Aparecen así junto a las praderas de herbáceas y pajonales asociados a manantiales, localmente denominados "ciénagas", "ciénegos" o "cienegos", formaciones éstas que son bordeadas parcialmente por los bosques densos. También se hallan en la confluencia de quebradas medias o bien sobre quebradas cerradas, donde los suelos tienen suficiente humedad pero no están saturados y por ende no cuentan con las fisonomías más húmedas citadas.

Foto 5. Bosque denso de queñua junto a un manantial en el Cerro Morado.



Los bosques densos inspeccionados se encuentran a altitudes comprendidas entre los 3900 y los 4070 msnm. Tanto la exposición como el gradiente de las pendientes no parecen ser condicionantes de su distribución.

Los suelos son arenoso-pedregosos, con abundantes bloques en el perfil y materiales finos en superficie. Sobre él se dispone un piso del bosque conformado por abundantes hojas, láminas de la corteza y ramitas, caídas durante largo tiempo, trituradas por el intenso pisoteo de la hacienda.

El dosel más denso tiene una altura de 4 a 6 m, sobre el que sobresalen ejemplares con alturas de 6 a 8 m, siendo más raro la presencia de majestuosas queñuas cercanas a los 10m.

El sombrero sotobosque no es propicio para el crecimiento de gran parte de la flora puneña, incluso los renuevos de queñua, definitivamente heliófilos. Entre las plantas acompañantes que tienen mayor grado de presencia pero baja cobertura (Cuadro 10, unidad 1), se mencionan *Satureja parvifolia* (muña-muña), *Senecio rudbeckiaefolius* (amaicha), *Mutisia friesiana* (chinchircoma) y *Baccharis boliviensis* (chijua), que crecen muy aisladamente haciéndose más frecuentes en los bordes del bosque.

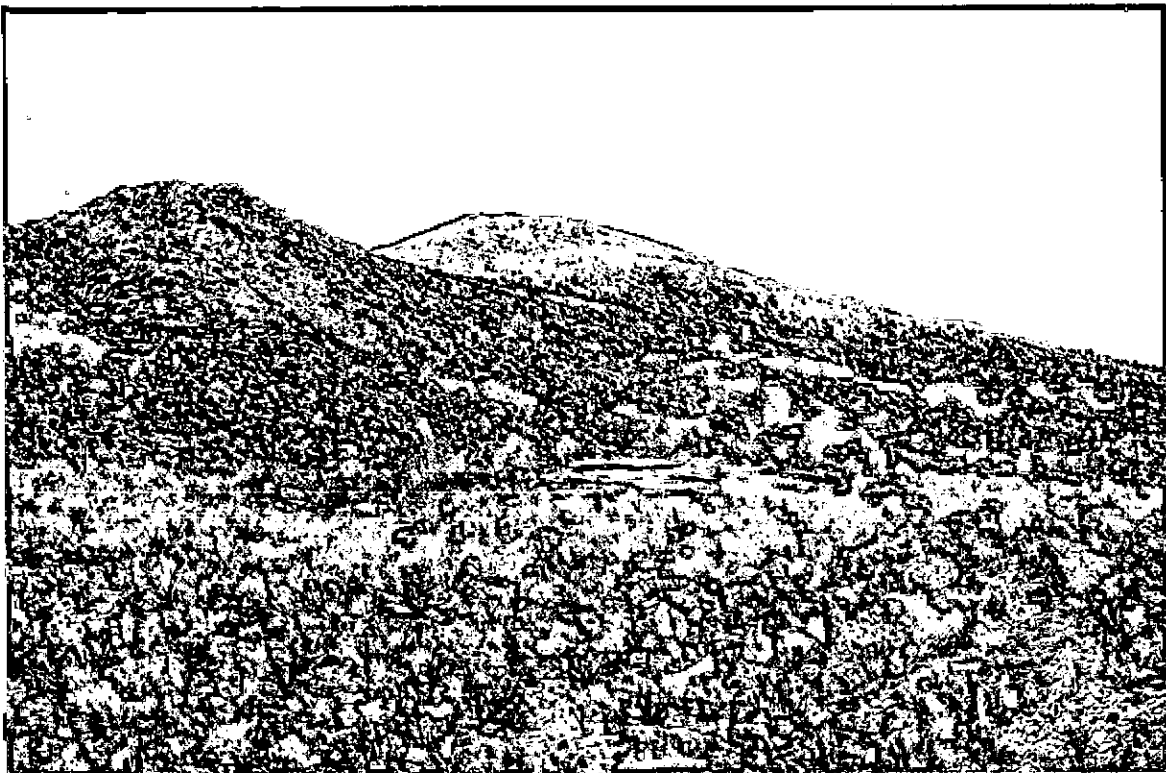
Los bosques densos aparecen como conspicuos manchones oscuros visibles desde lejos en un fuerte contraste con las praderas de los ciénegos. En las quebradas del Cerro Morado, los manchones pueden alcanzar hasta 2.5 hectáreas; en cambio en la vertiente occidental de la Sierra de Quichagua no superan 1/4 de hectárea (Foto 6).

Como consecuencia de la extracción de leña del bosque denso, que involucra la remoción de ramas largas o árboles completos, aparecen claros que definen el **bosque casi denso de queñua** (Cuadro 10, unidad 2). Tales claros determinan el poblamiento de varias especies de las estepas arbustivas aledañas, lo cual le confiere características de transición, aunque los árboles mantienen su dominancia pero sin llegar a cubrir totalmente el suelo (Foto 6). Resulta interesante el notorio incremento en la importancia de los renuevos de queñua que recolonizan los sectores abiertos por la remoción de leña, o bien por la caída de ramas producida por vientos fuertes sobre árboles cuya copa está desbalanceada.

- Bosques abiertos de *Polylepis tomentella* (queñua). # 3-4

Los queñuales abiertos habitan las laderas y quebradas serranas con sustratos pedregoso-arenosos con abundantes bloques, e incluso paredes rocosas agrietadas y pendientes con escombros (Foto 6).

Foto 6. Queñuales: bosques abiertos en la pendiente media, más concentrados sobre las vertientes, y arbustales altos en la pendiente superior. A la izquierda del manantial, bosque casi denso.



Se los encuentra en variadas situaciones de exposición, y altitudes de 3800 a 4070 msnm, presentándose de modo generalizado en la vertiente occidental de la Sierra de Quichagua (Foto 9).

El queñual abierto presenta un estrato alto, comúnmente de 3 metros de altura, integrado por árboles dispersos y ocasionalmente por cactáceas columnares muy aisladas. El segundo estrato lo forman arbustos medios y de escasa cobertura. Por último, un conjunto de arbustos bajos, sufrútices y hemicriptófitas, componen un estrato bajo algo más denso que el precedente.

En la tabla fitosociológica sintética (Cuadro 10) se discriminan los queñuales abiertos según su preferencia topográfica, sobre quebradas (unidad 3) o sobre laderas (unidad 4). Si bien ambas unidades no presentan plantas exclusivas, la distinción efectuada no sólo obedece a la disímil composición florística que los distingue, sino también a las diferencias que exhiben en cuanto a las formas de renuevo de la queñua.

Los bosques abiertos de las quebradas (Cuadro 10, unidad 3) son en realidad un mosaico de poblaciones vegetales que comparten un ambiente particular. Así, aparecen aquellas plantas asociadas a la ocurrencia de escurrimientos superficiales torrentosos y el mantenimiento de cierto grado de humedad edáfica durante gran parte del año, con otras plantas características de sitios xéricos pero tolerantes a esa mayor humedad.

Con respecto a los renuevos de queñua resulta oportuno destacar su abundancia a lo largo de las quebradas arenoso-pedregosas, denotando la importancia del agua como agente propagador de semillas corriente abajo y al mismo tiempo como generador del ambiente propicio para la germinación y crecimiento posteriores.

La lista de especies perennes no geófitas que integran estos bosques se aprecian en la tabla fitosociológica (Cuadro 10).

Entre los arbustos medios que acompañan a la queñua se destacan *Chilotrichiopsis keidellii*, *Adesmia erinacea* (añagua), *Buddleja hieronymi* (tanana) y *Satureja parvifolia* (muña-muña). Entre las principales especies del estrato bajo se citan arbustos como *Baccharis incarum* (lejía), *Baccharis boliviensis* (chijua) y *Chersodoma argentina* (copal-tola), sufrútices como *Eupatorium azangaroense* y *Gutierrezia mandonii* (canchalagua), y por último hemicriptófitos como los helechos *Cheilanthes pruinata* (chujcho), *Pellaea ternifolia* (chujcho), y los pastos *Cortaderia sp* (cortadera), *Piptochaetium sp* (paja) y *Stipa aff leptostachya* (paja amarilla).

- **Arbustales altos *Polylepis tomentella* (queñua). # 5**

Esta unidad de vegetación está dominada por las formas arbustivas altas de queñua, que forman un estrato arbustivo principal de hasta 250 cm de altura y mediana cobertura, pudiendo presentar árboles aislados.

Se ubican sobre las porciones secas de las laderas con suelos pedregoso-arenosos y abundantes bloques y rocas someras, haciéndose más generalizados sobre las pendientes superiores de los cerros, en situaciones altitudinalmente mayores a la de los bosques, principalmente entre los 3950 y 4100 msnm, donde es raro que crezcan árboles (Foto 6). También es posible hallarlos en laderas más bajas, con una altitud de 3870 msnm, aunque se sospecha que éstos derivan de antiguos bosques sometidos a intensa extracción de árboles.

Entre las principales especies acompañantes (Cuadro 10, unidad 5) se citan *Cheilanthes pruinata* (chujcho), *Adesmia erinacea* (añagua), *Fabiana densa* (tolilla) y *Chersodoma argentina* (copal-tola).

- **Estepas arbustivo-graminosas orófilas de *Baccharis incarum* (lejia) con *Azorella compacta* (yareta) y *Festuca chrysophylla* (iros). # 6**

Estas estepas arbustivo-graminosas se encuentran en las pendientes superiores de la Sierra de Quichagua y el Cerro Morado, sobre sustratos arenoso-gravillosos someros o arenoso-pedregosos con bloques, a altitudes superiores a los 4050 msnm.

Consta de un estrato principal de unos 50 cm de altura, con arbustos bajos entremezclados con matas de pastos duros y placas leñosas densas. En las porciones altitudinalmente más bajas pueden aparecer aislados arbustos de queñua, y más raramente árboles.

Los arbustos incrementan su cobertura a lo largo de las vertientes superiores, circunstancia distinguible para el observador por la particular coloración verde oscura visto desde cierta distancia.

Entre las plantas leñosas se destacan *Baccharis incarum* (lejía), *Azorella compacta* (yareta), *Tetraglochin cristatum* (canguia) y *Parastrephia lepidophylla* (tola); y entre las gramíneas *Festuca chrysophylla* (iros) y *Stipa aff chrysophylla*. En las partes más altas son frecuentes *Senecio graveolens* (chachacoma) y *Parastrephia quadrangularis* (coba), plantas de alta montaña que bajan un trecho por los cauces arenoso-gravillosos.

- Estepas arbustivas de *Baccharis boliviensis* (chijua) con *Polylepis tomentella* (queñua). #7

Las estepas arbustivas de chijua con queñua se distribuyen sobre las laderas del ambiente serrano, con variadas exposiciones y altitudes, cuyos sustratos están dominados por materiales gruesos, principalmente los pedregoso-arenosos someros y los roquedales muy agrietados, ambos con fuertes pendientes.

Desde el punto de vista fisonómico aparece como un conjunto de arbustos bajos de escasa cobertura enriquecido por la presencia de formas arbustivas de queñua, con menos de 250 cm de altura, y raramente árboles.

Es la unidad más rica en plantas perennes, compartiendo numerosas especies con los queñuales y las estepas de chijua y tolilla, y con algunas exclusivas de aparición ocasional muchas veces dependientes de una mayor altitud (Cuadro 10).

Ello es interpretado como que la estepa de chijua con queñua representa, a altitudes medias, el estado avanzado de la degradación de los queñuales por extracción de troncos y ramas para leña y postes, lo cual genera una invasión de las especies esteparias y una merma en la aparición de aquellas plantas ligadas a los bosques.

- Estepas arbustivas de *Baccharis boliviensis* (chijua) y *Fabiana densa* (tolilla). # 8

La estepa arbustiva de chijua y tolilla es la unidad típica de laderas bajas con sustratos pedregoso-arenosos o arenoso-graviliosos someros, ocupando extensas superficies intermedias entre los queñuales de las laderas y los tolares de las planicies.

Comúnmente se muestra como un conjunto muy pobre de arbustos bajos muy separados entre sí y acompañados por cojines y suculentas espinosas poco notables.

Las leñosas características son *Baccharis boliviensis* (chijua) y *Fabiana densa* (tolilla). La chijua es un arbusto bajo e inerme, con copa caducifolia de forma hemisférica, muy abundante en todo el territorio puneño pero sin valor calórico. La tolilla es un arbusto inerme con numerosas ramitas de tonalidades verde-pardas, con alturas variables pero que aquí no supera los 80 cm; por su elevado contenido de resinas arde con facilidad, pero su uso en la cocción de alimentos se descarta por humear abundantemente.

El resto de los participantes perennes no geófitos es pobre (Cuadro 10), seguramente a causa del pastoreo de la estepa, intenso y sin descanso. Así, se cuenta la aparición esporádica de plantas no palatables para la hacienda como las cactáceas *Opuntia sp* (airampo) y *Maihueniopsis boliviana* (quepo), arbustos espinosos como *Adesmia spp* (añagua) y *Tetraglochin cristatum* (canguia), áfilos como *Ephedra aff breana* (pinco) o muy resinosos como *Parastrephia lepidophylla* (tola).

- Estepas arbustivas y arbustales bajos de *Parastrephia lepidophylla* (tola). # 9

El arbustal de tola, o estepa arbustiva para las menores coberturas, representa uno de los estados de degradación de los tolares densos o abiertos, ocupando por ende las mismas planicies influenciadas por niveles freáticos altos.

Desde el punto de vista fisonómico es reconocible por la expresión rala de tolas bajas, y desde el punto de vista ecológico por la exposición de materiales más gruesos que la arena, como gravillas y gravas, habitualmente ubicados subsuperficialmente.

Estas estepas se encuentran dentro de las planicies aluviales con sustratos afectados por una activa erosión eólica, cuyas consecuencias son la paulatina voladura de los elementos más finos del suelo, y la exposición y concentración de materiales subyacentes más pesados.

Los factores desencadenantes de la reactivación del proceso erosivo son aquellos que determinan la disminución de la cobertura de plantas perennes, como la extracción de plantas enteras para leña, el sobrepastoreo y la abundancia de fauna cavícola.

Como resultado final de este proceso de degradación de los tolares, aún en operación, se espera el reemplazo de los arbustales de tola, típicos de suelos dominados por materiales finos, por pavimentos de erosión y formas edáficas similares eventualmente invadidos por estepas arbustivas de chijua (Cuadro 10).

Foto 7. Tolares con rica-rica sobre médanos en Tuite.



- **Estepas arbustivas de *Parastrephia lepidophylla* (tola) con *Acantholippia salsoloides* (rica-rica). # 10**

Los tolares con rica-rica se encuentran sobre acumulaciones de arenas eólicas y médanos que frecuentemente bordean los cauces temporarios dentro del ambiente de planicie (Foto 7).

Su composición florística de perennes no difiere mayormente de los otros tolares, salvo la disminución en la cobertura de *Parastrephia lepidophylla* (tola) y la presencia de algunas plantas características de sustratos arenosos sueltos como *Acantholippia salsoloides* (rica-rica) (Cuadro 10).

Los tolares con rica-rica representan un estado particularmente frágil de la vegetación puneña, donde la extracción de ejemplares puede facilitar la movilización de las arenas acumuladas, desencadenando la formación de médanos móviles.

- **Estepas arbustivas y arbustales bajos de *Parastrephia lepidophylla* (tola) con *Anthobryum triandrum* (champa). # 11**

Estas fisonomías de tola con champa se distribuyen típicamente sobre los suelos arcillosos y algo salinos de las terrazas aluviales que son afectados por escurrimientos superficiales de tipo mantiforme o por niveles freáticos elevados.

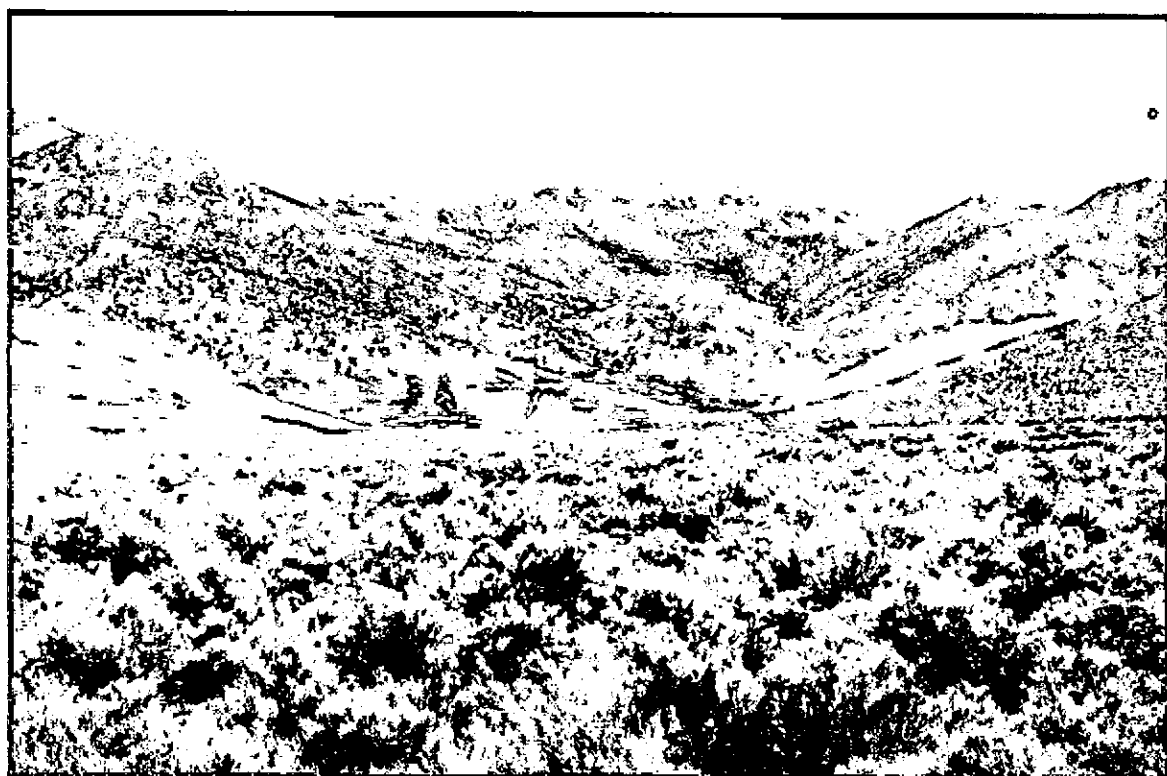
Esta unidad es una variante de alteración o degradación de aquellos tolares densos en situaciones arcillosas, provocada por la remoción de individuos enteros que disminuye drásticamente la cobertura leñosa, y donde el repoblamiento de tola se ve impedido por la compactación del suelo y el tránsito continuo del ganado doméstico (Foto 8).

Cabe apuntar la ocasional presencia de *Ombrophytum sp* (ancañoca o ischar), no incluida en la tabla fitosociológica (Cuadro 10), planta parásita de numerosas especies de Compuestas y que aquí se presenta sobre raíces de tola.

Foto 8. Tolares abiertos sobre suelos arcillosos en La Redonda.



Foto 9. Tolares densos en Muñayoc; al fondo manchones de queñua en la Sierra de Quichagua.



- **Matorrales de *Parastrephia lepidophylla* (tola). # 12**

Desde el punto de vista fisonómico, los tolares densos de *Parastrephia lepidophylla* corresponden a un matorral, donde domina un estrato de arbustos, de más de 100 cm de altura, y cuyas copas alcanzan a tocarse (Foto 9). Esta comunidad ocupa porciones del paisaje caracterizadas por un relieve plano y asociadas a la influencia de niveles freáticos altos o a ejes de escurrimiento activos durante el verano.

En virtud de que las geoformas ocupadas por los tolares son ambientes de sedimentación, los suelos están dominados por texturas finas, abundando las situaciones arcillosas.

En su mejor expresión, los tolares son entidades puras con una completa cobertura que limita la riqueza florística. Unas pocas especies perennes eventualmente acompañan a la tola dentro de esta unidad (Cuadro 10). De allí que la extracción de plantas para leña favorezca el enriquecimiento de especies a costa de una disminución de la cobertura total.

- **Peladares con *Parastrephia lepidophylla* (tola). # 13**

Como peladar con tola se define al último estado que exhibe la vegetación perenne antes de desaparecer completamente y dejar el suelo totalmente desprovisto de plantas perennes, al menos durante el invierno.

El peladar es el resultado de la afectación más o menos profunda de los tolares densos y abiertos a causa de un uso simultáneo como sitio de extracción de leña y estancia del ganado, manifestándose en un muy pobre lote de especies perennes cuya composición está ligada a la naturaleza del sustrato (Cuadro 10), y donde los individuos aparecen muy aislados y con reducidas dimensiones.

Su degradación completa da lugar, en suelos arcillosos, a superficies compactadas pobladas por hierbas anuales que forman praderas durante la época de lluvias, y en suelos arenosos a médanos móviles.

5.4. FACTORES AMBIENTALES DETERMINANTES DE LA VEGETACION

El resultado del ordenamiento de los censos se diagrama bajo la forma de un plano composicional delimitado por dos ejes perpendiculares (Fig. 6). Cada eje muestra la ubicación de los relevamientos, identificados por su fisonomía, en función de su similitud o disimilitud con respecto a un par de ellos tomados como extremos opuestos.

La escala de los ejes expresa la disimilitud, medida en porcentaje y basada en la composición de especies y en sus respectivos valores de abundancia-cobertura.

Tal como se aprecia en la figura, la distribución de los censos es acompañada por cambios en la fisonomía, y por ende en la cobertura total de las plantas perennes, pudiendo distinguirse claramente los tipos de vegetación que corresponden a los extremos opuestos de cada eje.

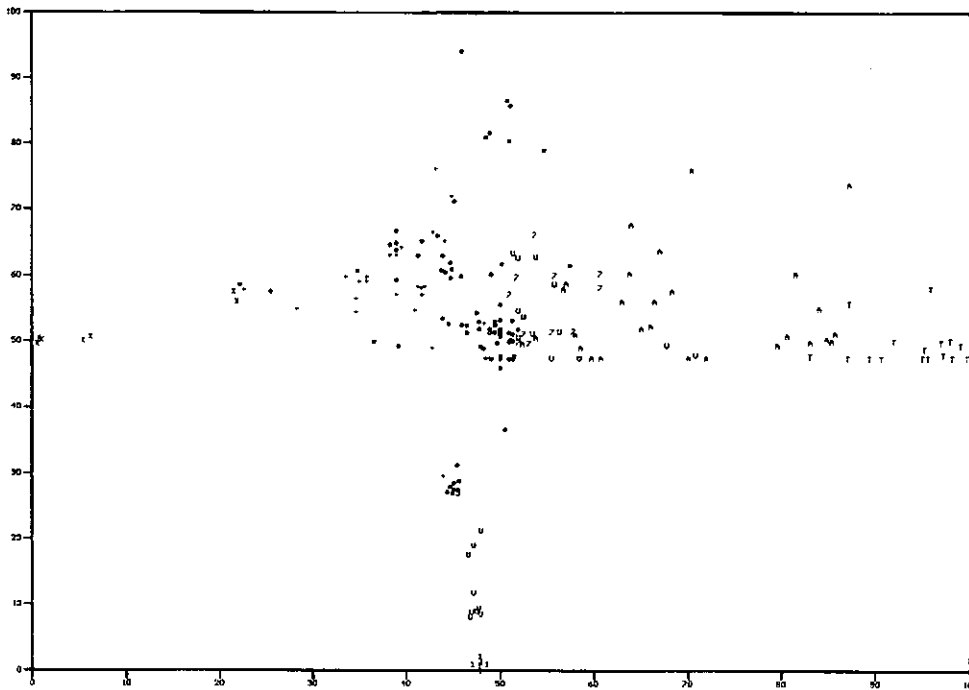
El eje X presenta como extremos peladares y bosques densos, mientras que el eje Y varía entre matorrales y estepas.

La figura se completa con la visualización de la pertenencia de los relevamientos, que son agrupados conforme a las unidades de vegetación discriminadas e identificados por el número asignado en la tabla fitosociológica (Cuadro 10). Este agrupamiento sigue un criterio principalmente fisonómico con el objeto de presentar de modo más claro la imagen del ordenamiento (Fig. 6, parte inferior), dado el alto grado de afinidad florística que muestran varias de las unidades.

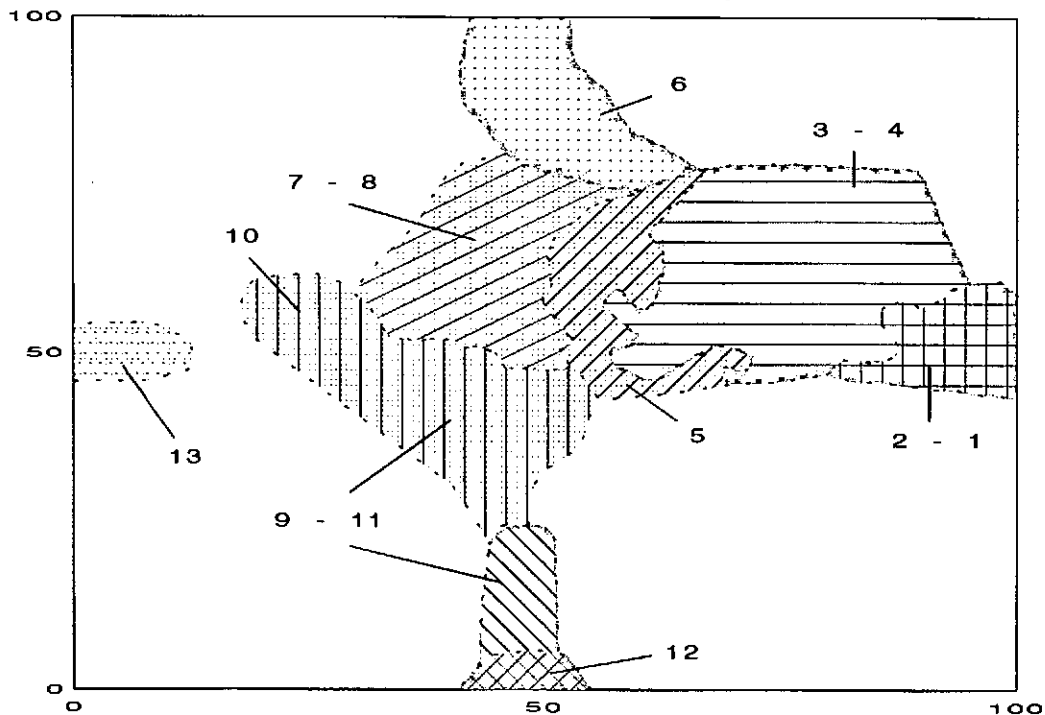
El plano composicional resultante es totalmente dependiente de las plantas perennes relevadas, siendo posible la obtención de otros diseños en caso de incorporarse las geófitas y las plantas anuales aquí excluidas.








De cualquier modo pueden interpretarse las variaciones composicionales asignando gradientes ecológicos como equivalentes de los ejes de variación.

Fig. 6. Ordenamiento de los censos de vegetación.



Referencias: 1. Matorrales T. Bosques densos A. Bosques abiertos V. Arbustales
 7. Estepas con árboles e. Estepas +. Estepas ralas X. Peladares



- | | | | |
|---|------------------|---|--------------------|
|  | PELADARES |  | ESTEPAS OROFILAS |
|  | TOLARES RALOS |  | ESTEPAS DE CHIJUA |
|  | TOLARES ABIERTOS |  | ARBUSTALES QUEÑUA |
|  | TOLARES DENSOS |  | QUEÑUALES ABIERTOS |
| | |  | QUEÑUALES DENSOS |

Los gradientes analizados se relacionan con vías de aporte de agua diferentes a las lluvias, bajo la forma de suplementos o *subsídios hídricos* que dependen de la naturaleza física del paisaje como las geoformas, la topografía y los sustratos.

Estas aguas suplementarias de las precipitaciones adoptan formas concentradas como los escurrimientos superficiales o subsuperficiales y los manantiales, o bien formas difusas como el escurrimiento mantiforme y los ascensos de los niveles freáticos.

El eje X es comparable con la manifestación de un gradiente relacionado con la **concentración de los subsidios hídricos**, operando en sentido horizontal y creciendo hacia la derecha del gráfico (Fig. 6).

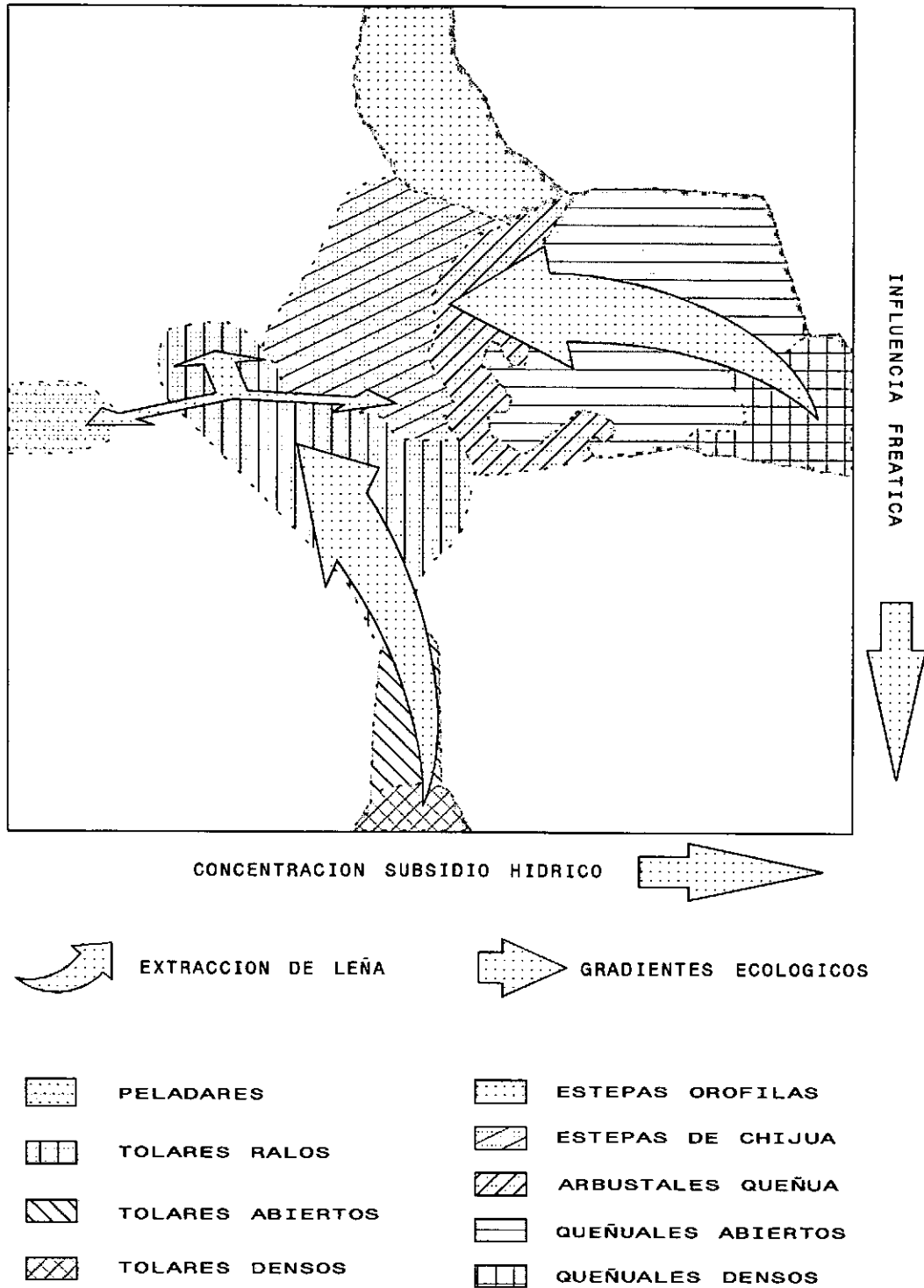
El eje Y es interpretado como un gradiente vinculado con la **influencia freática**, variando en el diagrama en sentido vertical, desde una nula intervención (arriba) hasta una preponderancia máxima (abajo).

La segregación de las unidades de vegetación analizadas, promovida por los gradientes ecológicos, dispone la vegetación propia de los ambientes más húmedos en el cuadrante inferior derecho, sector reservado a las praderas y pajonales higrófilos, rodeados por los queñuales en el ambiente serrano y por los tolares en las planicies. A su vez, el cuadrante superior izquierdo representa las situaciones con ausencia o con menor influencia de los subsidios, tanto concentrados como freáticos.

La interacción de los gradientes ecológicos asignados explica gran parte de la distribución de las unidades de vegetación, pero no logra satisfacer completamente las relaciones exhibidas por aquellas unidades con alto grado de afinidad composicional.

Es aquí donde la **extracción de leña** adquiere un papel trascendente en las relaciones dinámicas de la vegetación, incorporándose al grupo de factores ambientales determinantes de la diferenciación y distribución de las unidades (Fig. 7).

Fig. 7. Factores ambientales determinantes de la diferenciación de la vegetación.



Tomando como puntos de origen las fisonomías más densas que presentan las plantas valoradas como recurso, es decir los matorrales de tola y los bosques densos de queñua, las consecuencias iniciales de la **extracción de leña** se reflejan en la inmediata disminución de la cobertura del estrato dominante, pasando a arbustales y bosques casi densos respectivamente.

El progresivo raleo de las plantas más valiosas disminuye aún más la cobertura y la altura del estrato residual, resultando en el reemplazo de las unidades iniciales por otras fisonomías caracterizadas por la escasa cobertura y la presencia de numerosas especies nuevas.

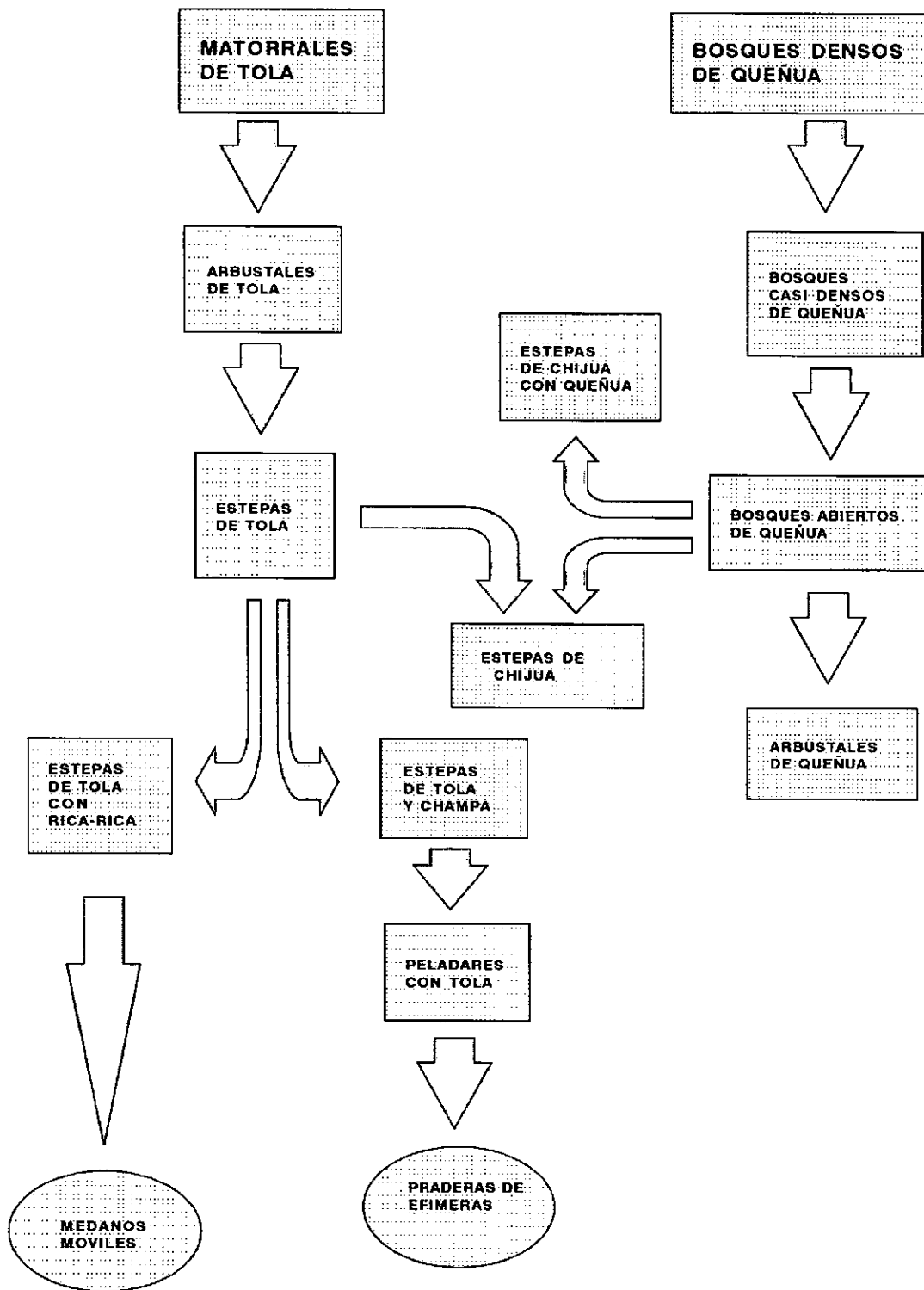
La creciente preponderancia de estos nuevos elementos, a costa del recurso menguado, condiciona unidades de vegetación diferentes, donde tola y queñua ceden su dominancia o la comparten con escasa trascendencia (Fig. 8).

En el caso de la queñua, la continua extracción de leña genera una suerte de "dilución" de los árboles que formaban bosques densos hacia unidades de vegetación con otras fisonomías, donde los árboles son bajos y muy aislados, o sólo hay queñuas arbustivas deformadas.

Con respecto a la tola, aún en los estados más pobres de la vegetación se mantienen los ejemplares de esta especie como principales, seguramente debido al sobrepastoreo. Aunque aislados y pequeños, son aprovechables ante la escasez: su remoción resulta en la completa desaparición del estrato perenne. Esta situación es coadyuvada por la hacienda, originando en los suelos arcillosos densos tapices de plantas efímeras ligadas a las lluvias estivales, y en los arenosos acumulaciones de arena y médanos móviles.

En resumen, las modalidades actuales del aprovechamiento de leña determinan en forma directa, y agravadas por el sobrepastoreo, la disminución de la cobertura total, el empobrecimiento fisonómico y el aumento del riesgo de erosión.

Fig. 8. Reemplazo de tolares y queñuales causados por la extracción de leña.



5.5. CARACTERIZACION ESTRUCTURAL Y OFERTA DEL RECURSO

5.5.1. TOLARES

El caracterización estructural de las fuentes de provisión de tola en las planicies aluviales resulta del relevamiento de cada una de las áreas de extracción de leña, a saber:

- Tuite: sector de planicie comprendido entre los 100 metros al oeste de la vivienda de la Sra. G. Canavide hasta poco más de 1000 metros hacia el este.
- La Redonda: terrazas del Río Colorado sobre margen derecha, dentro de la propiedad del Sr. M. Vilte pero fuera del sector alambrado, desde unos 100 m. de la casa hasta 550 metros hacia el este.
- Muñayoc: planicie aluvial del Arroyo de la Quebrada Rodeo sobre margen derecha, desde 100 metros al oeste de la casa del Sr. M. Abalos hasta 200 metros al oeste de la Escuela.

Los valores de los parámetros estructurales estimados sitúan a los **tolares de La Redonda** en la situación más irregular, con densidades de tola de 0.5 ind/m², una cobertura media del estrato arbustivo del 11% y una disponibilidad de biomasa para leña de 3.5 ton/ha (Cuadro 11).

En cambio, los **tolares de Muñayoc** se presentan como el extremo opuesto con valores que triplican aquellos de La Redonda; la densidad promedio es de 1.6 ind/m², la cobertura media de 36% y la biomasa total de tola, u oferta de leña en peso seco, de 11 ton/ha.

Por último, los **tolares de Tuite** adquieren características intermedias aunque no llegan a duplicar los valores de La Redonda. La cobertura media es del 18%, la densidad de tola promedio 0.9 ind/m² y la disponibilidad de tola en peso seco (leña) es de 8.7 ton/ha (Cuadro 11).

Cuadro 11. Parámetros estructurales de los tolares analizados.

		TUITE	LA REDONDA	MUÑAYOC
COBERTURA %	MEDIA	18.46	11.12	36.12
	ES (%)	12.6	14.2	11.4
DENSIDAD DE TOLA ind/ha	MEDIA	8730.1	4749.5	16238.3
	ES (%)	16.0	23.8	26.0
BIOMASA TOTAL DE TOLA kg/ha *	MEDIA	5473.20	3519.6	11058.2
	ES (%)	13.2	18.1	11.9
DENSIDAD DE MUERTOS ind/ha	MEDIA	1067.7	906.5	510.3
	ES (%)	42.9	76.1	66.5
ALTURA DE ARBUSTOS cm	máxima	100	107	110
	media	47.1	53.3	51.2
DIAMETRO MAYOR DE LA COPA cm	máximo	180	185	222
	medio	70.2	81.0	75.3
NUMERO DE LINEAS (muestras)		41	20	24

ES (%): error estándar del promedio, en porcentaje.
MUERTOS: individuos secos en pie.

*: biomasa no incluye material de muertos.

Las estimaciones de la densidad de muertos (individuos secos en pie) presentan elevados porcentajes de error estándar. En realidad se trata de esporádicos ejemplares dañados por quema intencional o por la actividad de animales cavícolas, más que por el aprovechamiento de leña.

Con respecto a la capacidad de reiteración de la tola poco puede argumentarse sobre datos firmes, puesto que entre las 439 plantas medidas (sin contar los ejemplares secos) sólo se encontró un único ejemplar cortado a ras del suelo, desde donde rebrota con varias ramitas cortas. Fuera de las áreas relevadas se puede apreciar que en los tolares más densos se pueden hallar individuos con algunas ramas superiores cortadas, hecho que favorece el rebrote desde las partes basales, tal vez a causa de la mayor luminosidad.

Si bien los parámetros estructurales estimados reflejan satisfactoriamente la condición general de los tolares inspeccionados, se considera adecuado presentar los valores extremos hallados en su relevamiento (Cuadro 12), de modo de reflejar el estado de porciones particulares de cada tolar. Igualmente, la diagramación de la disponibilidad de leña y su posición respecto de las viviendas facilita la visualización de las variaciones locales en cada sitio (Fig. 9).

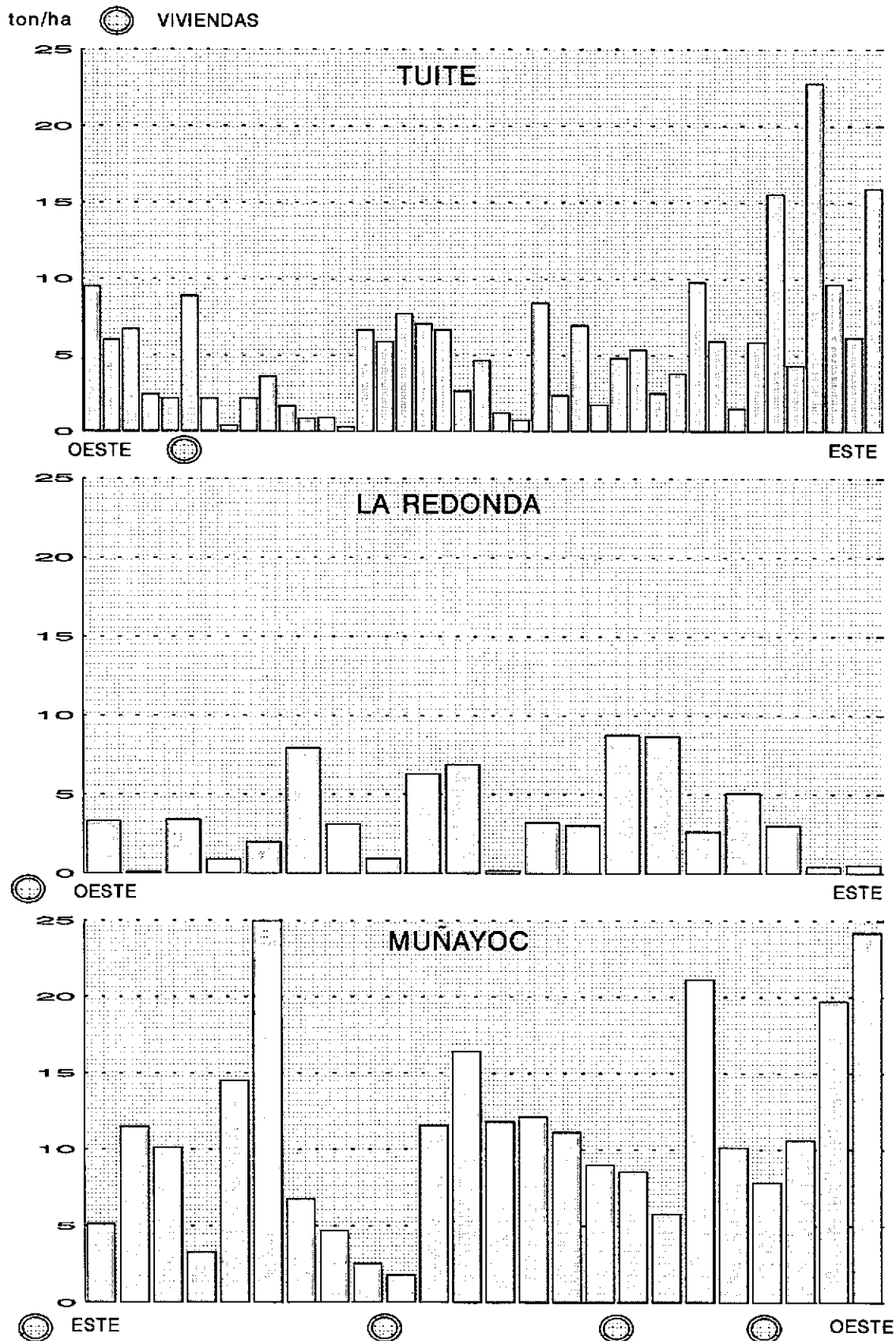
Cuadro 12. Valores extremos de los parámetros estructurales en los tolares analizados.

		TUITE	LA REDONDA	MUÑAYOC
COBERTURA %	máxima	60.4	26.9	76.7
	mínima	0.7	0.9	4.3
DENSIDAD DE TOLA ind/m ²	máxima	33.5	23.3	58.9
	mínima	0.09	0.07	0.14
BIOMASA DE TOLA ton/ha	máxima	22.8	8.8	25.0
	mínima	0.4	0.2	1.8

Las mejores situaciones de cobertura del tolar se presentan en Muñayoc y Tuite, con valores máximos de 77 y 60% respectivamente, aunque en ningún caso llegan a conformar matorrales (tolares densos). En Muñayoc ese tolar de mayor cobertura exhibe arbustos con alturas de hasta 70 cm y copas de 87 cm de diámetro; y el de Tuite 52 cm y 86 cm respectivamente. Ambos tamaños no son los máximos hallados (Cuadro 11). El tolar de mayor cobertura en La Redonda apenas supera el 25%, con aislados individuos voluminosos de 81 cm de altura y copas de 113 cm de diámetro.

Como contracara, cada sitio muestra sectores con peladares. En Tuite y La Redonda la cobertura total de tola en los peladares es inferior al 1%, con muy espaciadas matas poco voluminosas de 20x20 cm y 11x10 cm respectivamente. En Muñayoc, los peladares son más raros, presentando coberturas mínimas de 4%, pero poblados por arbustos mayores con altura y diámetro máximos de 46x73 cm.

Fig. 9. Tolares: disponibilidad de leña en función de la distancia a las viviendas.



En ninguno de los tolares se verifica la existencia de correlaciones satisfactorias entre algún parámetro estructural y la distancia a las viviendas. Considerando esta distancia en forma creciente, las mayores correlaciones, todas defectuosas, se establecen para la cobertura en Tuite ($r = +0.38$), para la densidad de individuos muertos en La Redonda ($r = -0.29$) y para la densidad de tola en Muñayoc ($r = +0.53$). Si bien es habitual que los alrededores de las viviendas estén desmontadas, las débiles correlaciones señalan que la remoción de ejemplares tiene lugar en sitios aleatorios, tal vez determinados por la oferta de mayores tamaños de tola o bien por coincidir con las áreas de pastoreo o de arreo de la hacienda.

Con respecto a las relaciones entre los parámetros estructurales (cobertura, densidad, biomasa, altura máxima y diámetro máximo de la copa), las únicas correlaciones significativas se comprueban para el par biomasa-cobertura en Tuite ($r = +0.92$), La Redonda ($r = +0.80$) y Muñayoc ($r = +0.97$).

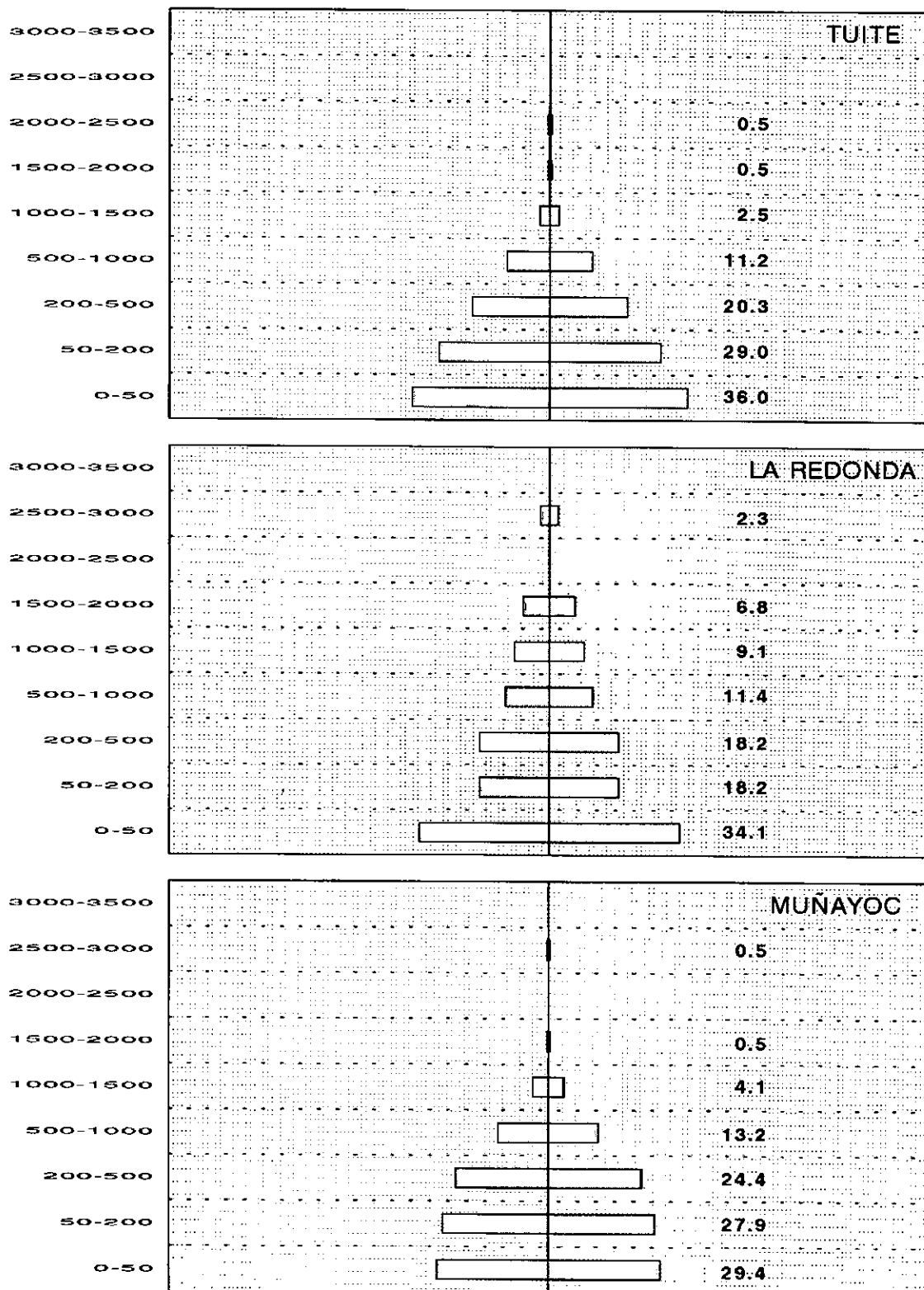
La diagramación de la *distribución de tamaños* de las plantas, basadas en las frecuencias (en porcentaje respecto del total de plantas por sitio) de distintas clases volumétricas, permite visualizar el estado y tendencia de las poblaciones de tola en cada lugar (Fig. 10).

Asumiendo una estrecha relación entre tamaños y edades, se verifica que, independientemente de sus disímiles valores de densidad y cobertura, todos los tolares analizados presentan repoblamiento, siendo la clase de menor tamaño la más abundante.

La configuración de las pirámides de los tolares de Tuite y de Muñayoc coinciden en la escasez de tamaños medios y la ausencia de los mayores volúmenes de tola, cuyo máximo se ha fijado en base al muestreo destructivo para la predicción del peso seco.

Esto señala la preferencia por los mayores ejemplares al momento de extraer leña, y la progresiva selección de menores tamaños a medida que las clases superiores se hacen más raras. En efecto, la insuficiencia de matas mayores de 2000 dm^3 obliga a cosechar individuos de la clase $1000\text{-}1500 \text{ dm}^3$, insinuándose un aprovechamiento reciente de la clase $500\text{-}1000 \text{ dm}^3$. En Tuite, esta ampliación de los tamaños elegidos hacia los más chicos se aprecia por la pendiente más pronunciada de la pirámide.

Fig. 10. Distribución de frecuencias en porcentaje por clases volumétricas de tola (dm³).



La configuración de la pirámide del tolar de **La Redonda** presenta una mayor representatividad de los tamaños de arbustos, con una proporcionalidad entre ellos bien clara hasta la clase de 2000 dm³, rasgos que distinguen plenamente a este tolar.

Vinculando los diagramas de las poblaciones (Fig. 10) con los parámetros estructurales (Cuadro 11), es posible vislumbrar el tipo de manejo del recurso que se aplica en cada sitio.

Las características del tolar de **Muñayoc** señalan un manejo basado en la selección de los mayores tamaños de arbustos y cosechas con entresaca. Este particular modo de aprovechamiento, o *extracción selectiva*, parece estar condicionado por la elevada disponibilidad de queñua en las inmediaciones, de modo que la presión sobre el tolar es dependiente de la oferta de esa otra fuente.

En **La Redonda**, el uso de tola parece estar vinculado a un tipo de *extracción por sectores* o fracciones de terreno más que a la selección de determinados tamaños. Dicho de otro modo, hay escasez de tola, pero existen variados tamaños.

El tolar de **Tuite**, prácticamente la única fuente de leña del área, es aprovechado con ambas estrategias, un modo de *extracción combinada*, donde se cosecha por sectores y con selección de plantas grandes, que progresivamente corresponden a los menores tamaños.

La *extracción por sectores* presenta la seria desventaja de incrementar el riesgo de erosión, máxime si se tiene en cuenta que las áreas de extracción de leña coinciden con potreros de la hacienda.

La *extracción combinada* es la técnica de aprovechamiento más perjudicial tanto para el tolar como para los suelos. Sin dudas, su aplicación está condicionada por la penuria, iniciando un proceso de retroalimentación positiva que agota la oferta de leña, degrada la vegetación perenne y da lugar a peladares o superficies con erosión activa.

La *extracción selectiva* constituye una apropiada vía de uso del tolar, aunque como se mencionara anteriormente, su aplicación es complementaria del uso de queñua.

5.5.2. QUEÑUALES

Las fuentes proveedoras de queñua comprenden diferentes fisonomías que habitan los faldeos de las sierras vecinas a las localidades de La Redonda y Muñayoc.

Los sitios inspeccionados en la bajada oriental del **Cerro Morado**, ubicado al oeste de La Redonda, y en la vertiente occidental de la **Sierra de Quichagua**, al este de Muñayoc, corresponden a distintas porciones del ambiente serrano: quebradas bajas (fondos de valles), quebradas junto a manantiales, quebradas altas y laderas medias y bajas.

Las características sumarias de los sitios analizados con *Polylepis tomentella* (queñua) son incluidas en el Cuadro 13, destacándose la pertenencia a las unidades de vegetación según el correspondiente número de orden en la descripción y en la tabla fitosociológica (Cuadro 10).

Cuadro 13. Queñuales analizados.

LUGAR	LA REDONDA				MUÑAYOC		
	CERRO MORADO				SIERRA DE QUICHAGUA		
SITIO	LR-1	LR-2	LR-3	LR-4	M-1	M-2	M-3
AMBIENTE	quebrada	quebrada junto a manantial	quebrada	ladera	quebrada	quebrada cerca de manantial	ladera
ALTITUD mamm	3770	3915	4030	3800	4010	3970	3970
PENDIENTE	10-20%	5-10%	35-46%	35%	21%	18%	28-34%
EXPOSICION	E	N	E-NE	E-SE	N	NO	N o O
FISONOMIA	bosque abierto/ arbustal	bosque denso	bosque abierto/ arbustal	bosque abierto/ estepa arbolada	bosque abierto	bosque denso explotado	bosque abierto/ arbustal
GANADO	llamas y burros	llamas y burros	-	llamas y burros	llamas y cabras	vacas	llamas y cabras
UNIDADES VEGETACION	#3 #5	#1 (#2)	#3 #5 (#7)	#4 #7	#4 #2	#2 (#1)	#4 (#5)

Algunos de los sitios analizados no muestran diferencias estadísticamente significativas entre los promedios estimados para los principales parámetros estructurales. Tal es el caso de las estaciones LR-1 y LR-3 del Cerro Morado (La Redonda) y de las denominadas M-1, M-2 y M-3 de la Sierra de Quichagua (Muñayoc). En virtud de las manifiestas afinidades que exhiben las dos primeras, diferenciadas sólo por la altitud, se las presenta integradas bajo la denominación de *bosque abierto de quebrada* (LR-1-3). En cambio, aunque los queñuales de Muñayoc tienen promedios de área basal, biomasa leñosa y densidad que no difieren desde el punto de vista estadístico, se considera apropiado presentarlos como casos distintos en función de rasgos estructurales y fisonómicos definidos.

Tanto en el Cerro Morado como en la Sierra de Quichagua, las mayores estimaciones de área basal (superficie del terreno que está cubierta por troncos) y biomasa leñosa (cantidad de leña de individuos vivos en peso seco) corresponden a aquellas situaciones ubicadas en la cercanía de manantiales (Cuadro 14).

El **bosque denso** (LR-2) del Cerro Morado sobresale por sus importantes valores de área basal (112 m²/ha) y biomasa leñosa (117 ton/ha). Comparado con éste, la mejor situación de Muñayoc (M-2), denominada **bosque ex-denso** en función de la disminución de cobertura generada por el aprovechamiento de leña, sólo alcanza a un 46% del área basal de aquél y apenas el 32% de la biomasa leñosa, con valores de 51.3 m²/ha y 37 ton/ha respectivamente.

La magnitud de ambos parámetros en estos bosques más densos obedece a la abundancia de longevos árboles de gran porte: el bosque denso (LR-2) con 940 árboles/ha de 4.6 m de altura media y 8.9 m como máximo, y el ex-denso (M-2) con 550 árboles/ha de 3.9 m de altura promedio y una máxima de 9.4 m. Los diámetros basales del tronco son también elevados en ambos casos, con extremos de 73.2 y 87.5 cm respectivamente. La edad máxima estimada para los mayores diámetros es muy superior a los 100 años, siendo la edad media de los árboles de los dos bosques cercana a la media centuria (Cuadro 15).

Uno y otro presentan la mayor proporción de *individuos reproductores* (Cuadro 15, Fig. 10). Estos se definen en base a las observaciones de campo efectuadas, que fijan en 2 metros de altura el límite inferior de los ejemplares con capacidad para florecer.

Cuadro 14. Principales parámetros estructurales de los queñuales.

LUGAR		Cerro Morado			Sierra de Quichagua		
		quebrada	manantial	ladera	quebrada	manantial	ladera
AMBIENTE							
FISONOMIA		BOSQUE ABIERTO LR-1-3	BOSQUE DENSO LR-2	BOSQUE ABIERTO LR-4	BOSQUE ABIERTO M-1	BOSQUE EX-DENSO M-2	BOSQUE ABIERTO M-3
AREA	m ² /ha	17.33	112.32	8.99	35.39	51.32	35.73
BASAL	ES (%)	17.6	15.8	27.4	12.3	20.4	8.3
BIOMASA	ton/ha	9.38	117.22	4.05	21.23	37.08	18.01
LEÑOSA	ES (%)	28.4	18.0	28.0	19.0	29.5	13.5
DENSIDAD ind/ha	INDIVIDUOS > 5cm DB	975.0	1450.0	310.0	1070.0	1560.0	1560.0
	ES (%)	13.3	22.6	16.3	21.5	19.9	16.9
	PLANTULAS	5350.0	2240.0	1600.0	4430.0	4680.0	3460.0
	ES (%)	16.7	50.1	19.7	17.6	14.1	16.2
	MUERTOS	112.5	20.0	0.0	110.0	140.0	180.0
	ES (%)	51.9	66.7	-	62.8	30.5	25.9

DB: diámetro basal del tronco.
ES: error estándar del promedio.

Plantulas: individuos con diámetros menores a 5 cm.
Muertos: individuos secos en pie.

La escasez relativa de *plántulas* dentro del **bosque denso** y su distribución irregular en manchones (error estándar del 50%, Cuadro 14), define a la queñua como planta intolerante a la disminución de la luminosidad. Igualmente, el incremento en la importancia relativa de *plántulas* y *renuevos* en el **bosque ex-denso** confirma este carácter, ya que la eliminación de árboles genera claros que son rápidamente ocupados por tales ejemplares. En este sentido cabe apuntar que en el bosque denso no hay individuos con alturas inferiores a los 10 cm (Fig. 11). Las *plántulas* son el primer estado de la queñua luego de la germinación, manteniendo sus tallos con diámetros inferiores a los 5 cm durante algunas temporadas. Los *renuevos* corresponden al siguiente estado, luego de superar los 5 cm de diámetro en la base del tallo principal pero sin alcanzar la altura del pecho (1.40 m) con iguales o mayores diámetros (DAP < 5 cm).

Las formas arbustivas de queñua están presentes en el bosque denso y en el ex-denso, pero escasamente para las clases con diámetros mayores a 5 cm, con valores que rondan el 15%.

Tanto el área basal como la biomasa leñosa son sensiblemente menores en los bosques abiertos restantes (Cuadro 14), debido principalmente los atributos de los árboles como son la disminución de la altura y la reducción de los diámetros de troncos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Parámetros estructurales complementarios de los queñuales.

LUGAR		Cerro Morado			Sierra de Quichagua		
FISIONOMIA		BOSQUE ABIERTO LR-1-3	BOSQUE DENSO LR-2	BOSQUE ABIERTO LR-4	BOSQUE ABIERTO M-1	BOSQUE EX-DENSO M-2	BOSQUE ABIERTO M-3
ARBOLES	ALTURA máxima (m)	4.59	8.93	3.02	6.65	9.42	5.69
	ALTURA media (m)	2.49	4.63	2.24	3.32	3.90	2.68
	DB máximo (cm)	46.5	73.2	26.7	52.8	87.5	36.9
	DB medio (cm)	19.9	29.8	17.6	25.2	25.6	19.2
	Ramificados (%)	36	36	81	32	20	39
	EDAD máxima	> 100	>> 100	45	> 100	>> 100	> 100
	EDAD media	63	49	37	44	45	60
ARBUSTOS	ALTURA máxima (m)	2.92	3.68	2.04	2.38	3.54	2.60
	ALTURA media (m)	1.23	1.74	1.17	1.32	1.61	1.46
	DB máximo (cm)	16.9	19.7	15.6	12.1	57.3	20.7
	DB medio (cm)	8.1	9.1	6.8	6.7	11.3	10.2
	EDAD máxima	36	39	35	31	> 100	40
	EDAD media	25	28	23	23	30	28
DENSIDAD	ARBOLES	175	940	160	410	550	490
	ES (%)	27	10	30	22	18	14
	ARBUSTOS	450	240	80	270	230	510
ind/ha	ES (%)	21	46	36	29	29	25
	RENUEVOS	350	270	70	390	780	560
	ES (%)	20	68	53	27	28	26
CANTIDAD REPRODUCTORES (%)		15.4	72.4	38.7	37.4	43.6	31.4
RAZON PLANTULAS : REPRODUCTORES		36	2	13	11	7	7

DB: diámetro basal del tronco.
 ES: error estándar del promedio.
 > : mayor.
 >> : mucho mayor.

Plántulas: individuos con diámetros menores a 5 cm.
 Muertos: individuos secos en pie.
 Renuevos: individuos con más de 5 cm de diámetro en la base pero no a 1.40 m de altura.
 Edad máxima: estimada por recuento de anillos hasta un máximo de 32 cm de diámetro.

En el Cerro Morado, las formaciones abiertas presentan los valores más bajos de área basal y de biomasa leñosa: 17.3 m²/ha y 9.4 ton/ha para el bosque abierto de quebrada (LR-1-3), y cerca de la mitad para el bosque abierto de ladera (LR-4) con apenas 9 m²/ha y 4 ton/ha. Entre ambos no se aprecian diferencias en los atributos de árboles (densidad, alturas y diámetros medios). Sin embargo, el bosque abierto de quebrada (LR-1-3) se distingue por la importante densidad de arbustos, casi 6 veces respecto de las laderas, proporción suficiente como para diferenciar sus valores de área basal y biomasa leñosa. Otro rasgo que merece destacarse es la elevada densidad de plántulas frente a una relativamente escasa cantidad de ejemplares reproductores (Fig. 11), hecho que denota el importante papel que juega el escurrimiento superficial del agua como agente de conducción y dispersión de semillas.

El **bosque abierto de ladera** (LR-4) del Cerro Morado presenta los valores más bajos del conjunto de parámetros analizados (Cuadros 14, 15. Fig. 11), representando la condición declinante en la importancia de los árboles dentro de la colección de formaciones leñosas consideradas (recuérdese que la fisonomía del sitio corresponde a una transición entre bosque abierto y estepa arbustiva con árboles, Cuadro 13). Los renuevos son aquí muy escasos: 70 individuos por hectárea dispuestos en forma agrupada en las inmediaciones de los ejemplares reproductores.

En Muñayoc, las diferencias entre quebradas y laderas no son tan marcadas como las señaladas para el Cerro Morado, de hecho los valores medios de área basal, biomasa leñosa y densidad no difieren desde la óptica estadística.

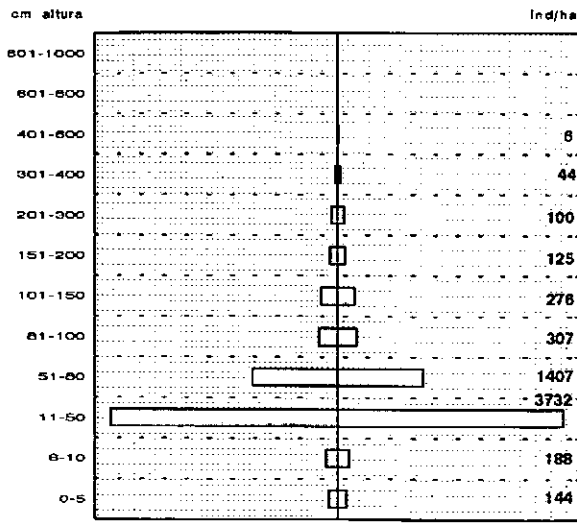
El **bosque abierto de quebrada** (M-1) posee un área basal de 35.4 m²/ha y una biomasa leñosa de 21.2 ton/ha (Cuadro 14). El **bosque abierto de ladera** (M-3) tiene similares cantidades, pero muestra casi el doble de densidad de arbustos (Cuadro 15); también se destaca la densidad de individuos muertos que es la más alta de todos los sitios analizados.

Las pirámides poblacionales de la queñua basadas en la densidad de individuos por clases de altura permiten advertir algunos efectos de la extracción de leña sobre la estructura vertical de los queñuales aledaños a manantiales (Fig. 11, centrales). Los patrones de ambas unidades, distinguidos por la presencia de las mayores clases de altura, resultan de manejos diferentes de la masa arbórea.

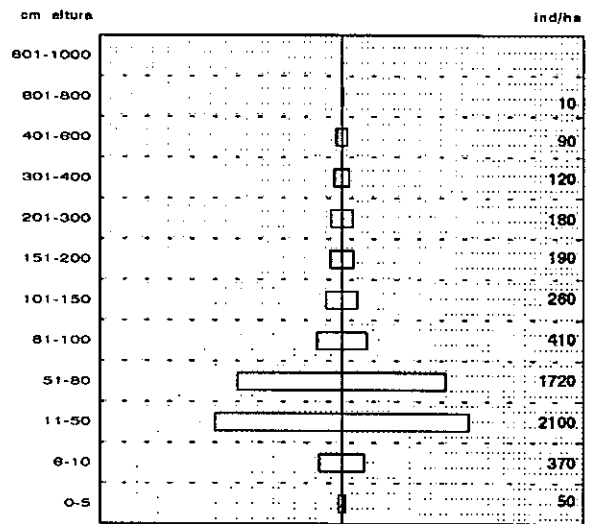
En el **bosque denso del Cerro Morado**, el raleo se centra en algunas clases sin alterar la cobertura total, y por ende la condición sombría del sotobosque que impide el repoblamiento. Este manejo asegura el mantenimiento de la fisonomía y el predominio de ejemplares reproductores.

En cambio, en el **bosque ex-denso de la Sierra de Quichagua** el raleo de árboles se hace por sectores más que por clases, generando la formación de claros y la ulterior presencia de plántulas y renuevos con las alturas más bajas. Aunque asegura la renovación del recurso, este manejo lo hace a costa de un cambio fisonómico y una reducción en la cantidad de árboles de valor reproductivo.

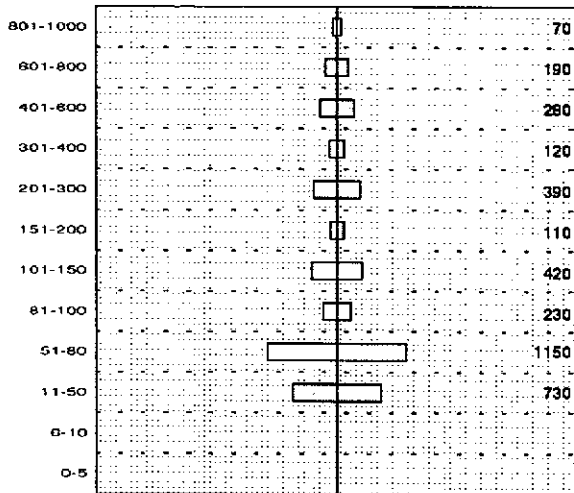
Fig. 11. Pirámides poblacionales de queñua según densidad de individuos por clases de altura.



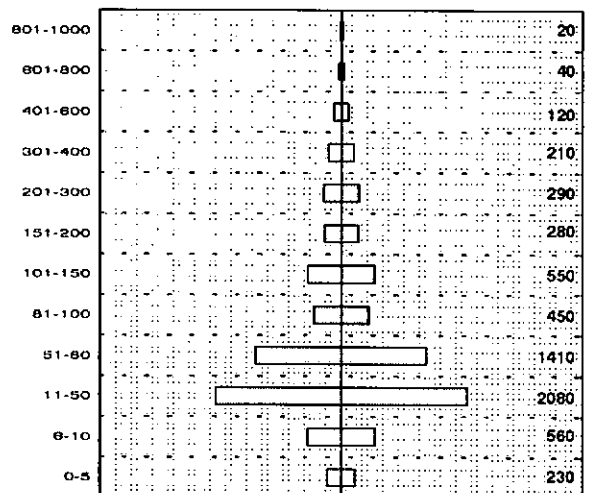
QUEBRADA Co. MORADO: BOSQUE ABIERTO



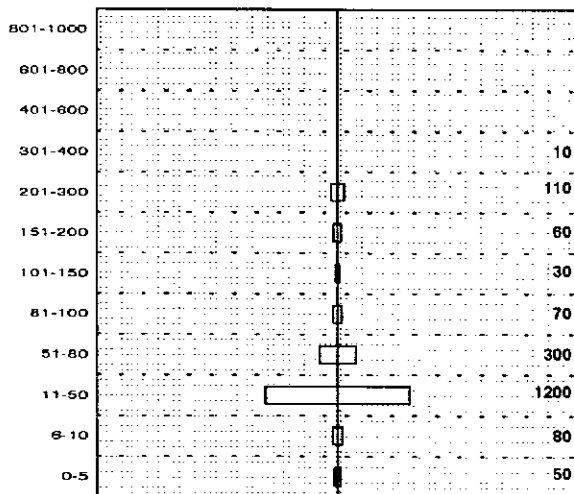
QUEBRADA Sa. QUICHAGUA: BOSQUE ABIERTO



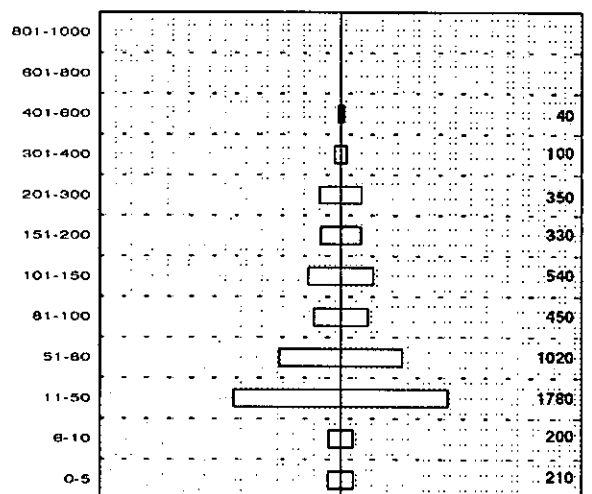
MANANTIAL Co. MORADO: BOSQUE DENSO



MANANTIAL Sa. QUICHAGUA: BOSQUE EX-DENSO

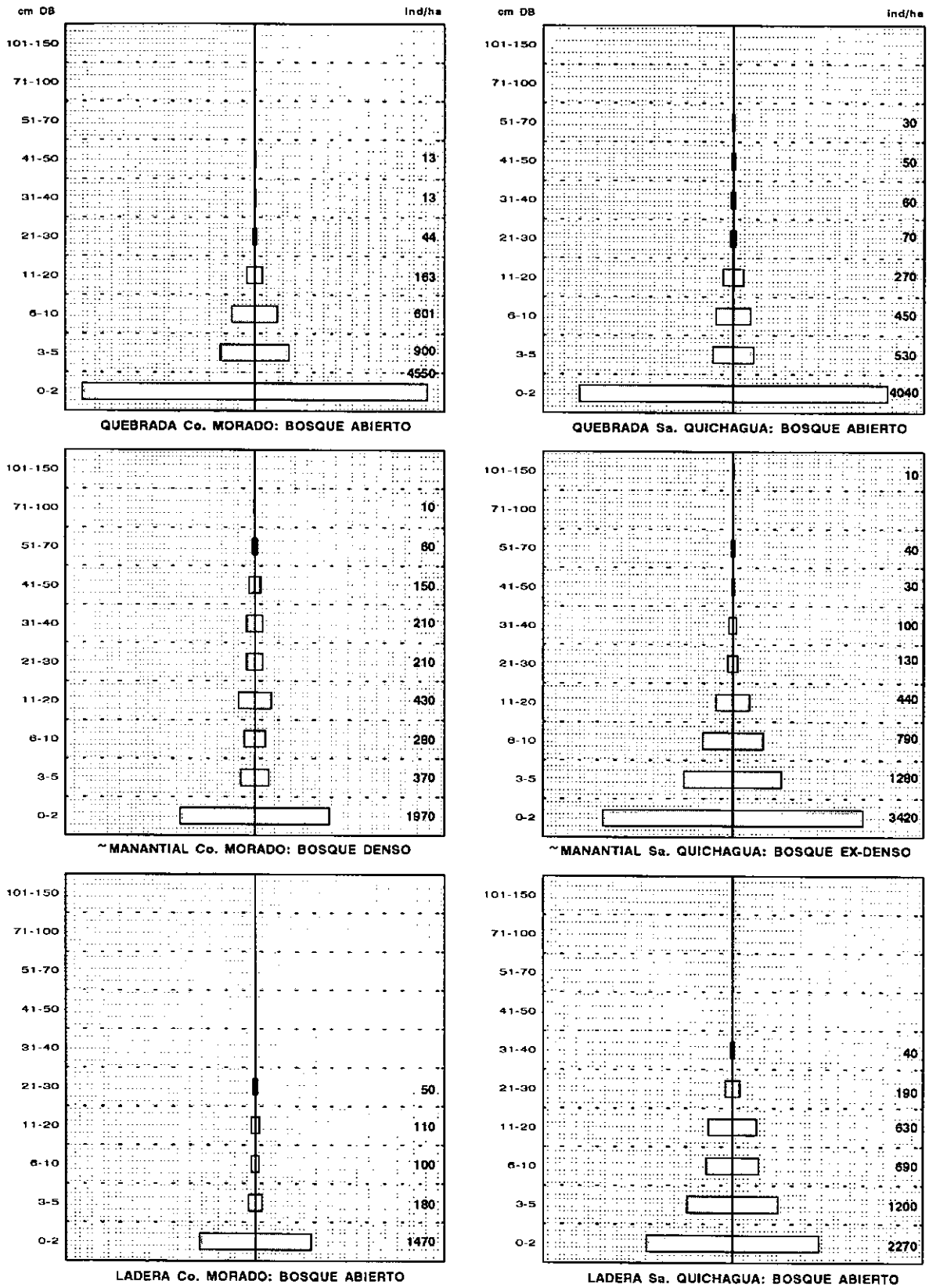


LADERA Co. MORADO: BOSQUE ABIERTO



LADERA Sa. QUICHAGUA: BOSQUE ABIERTO

Fig. 12. Pirámides poblacionales de queñua según densidad de individuos por clases diamétricas.



Las *pirámides poblacionales de la queñua basadas en la densidad de individuos por clases diamétricas* (Fig. 12) sintetizan las cualidades particulares de los parámetros estructurales analizados en los distintos queñuales.

Las clases son discriminadas por intervalos de diámetro basal del tronco. Para las formas arbustivas de queñua con numerosos troncos, sólo se considera el valor máximo. Idéntico criterio se aplica sobre los árboles con troncos ramificados desde la base misma, cuya proporción varía entre 20% y 40%, excepto en el bosque abierto de laderas del Cerro Morado (LR-4), donde predominan estos árboles multicaules en un 81% del total de árboles (Cuadro 15).

En principio, como resultado sobresaliente cabe destacar que, en base a los diseños de las pirámides poblacionales, todos los queñuales inspeccionados muestran un adecuado repoblamiento, aunque con grados de diferente trascendencia. Además ninguno de los bosques presenta pirámides invertidas, por lo tanto las poblaciones no se encuentran en regresión.

La figura de la pirámide del **bosque denso** del Cerro Morado (LR-2) es relativamente atípica en comparación con los sitios restantes. Al margen de la impronta debida a la extracción de leña, su análisis, asistido con la observación de la distribución de clases de altura (Fig. 11), refuerza la interpretación ya expuesta en anteriores páginas, por la cual se asigna a la queñua el carácter de planta intolerante a la sombra, cualidad responsable de esta peculiar configuración con cierta escasez de las clases diamétricas más pequeñas. Un rasgo adicional destacable es el relativo mantenimiento de las clases medias y superiores, que en los otros bosques aparecen decreciendo marcadamente.

Las pirámides del **bosque ex-denso** (M-2) y del **bosque abierto de ladera** (M-3) en la Sierra de Quichagua, con las formas más regulares del conjunto, demuestran un claro proceso de recuperación de la queñua hasta los diámetros de 20 cm. Ello es más acentuado en el primer bosque con una razón entre renuevos y adultos igual a 1. Además, ambos bosques tienen la mayor proporción de renuevos respecto de plántulas, alrededor del 16%, seguidos por el bosque denso del Cerro Morado con 12%.

Los **bosques abiertos de quebradas** (LR-1-3 y M-1) presentan una definida preponderancia de la primera clase diamétrica, advirtiendo sobre la incidencia del repoblamiento de plántulas como principal proceso. Aquí se interpreta que tal repoblamiento es indiferente a la presencia y abundancia de ejemplares reproductores *in situ*, dependiendo más bien de individuos maduros ubicados corriente arriba, cuyas semillas son dispersadas por el agua. La proporción de renuevos en relación a las plántulas es intermedia, con porcentajes inferiores al 10%.

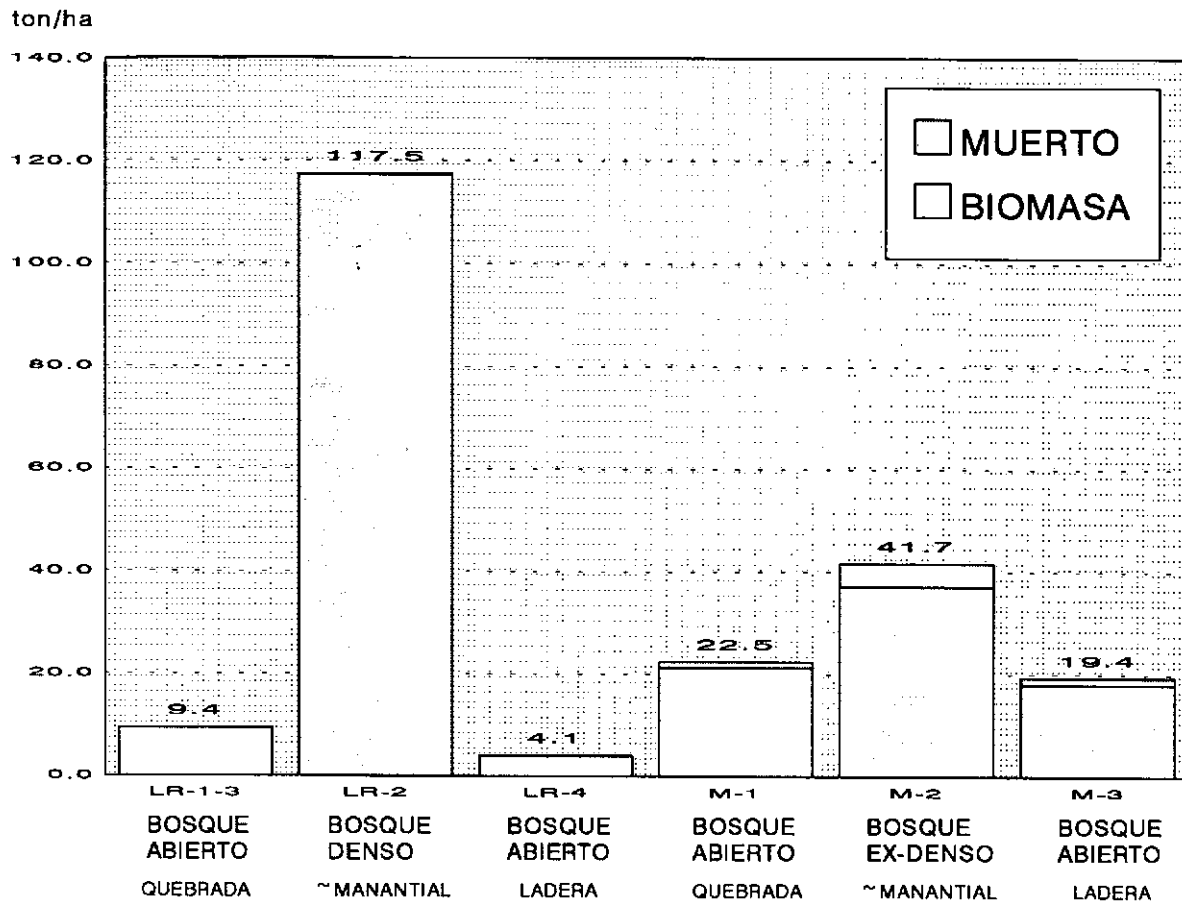
El **bosque abierto de ladera** en el Cerro Morado (LR-4) muestra la pirámide más pobre, en cantidad y diversidad, de todo el conjunto de queñuales (Fig. 12). Se verifica un repoblamiento escaso de plántulas, tal vez condicionado por la insuficiente dotación de ejemplares reproductores (Cuadro 15) y su posición alejada de los ejes de escurrimiento. De cualquier modo, la adversidad del medio se refleja en la baja proporción de renuevos respecto de plántulas con apenas 4%.

Con respecto a la *disponibilidad de leña*, la biomasa correspondiente a los individuos vivos constituye la principal oferta en todos los sitios (Cuadro 16, Fig.13). La cantidad de leña aportada por árboles muertos sólo es apreciable en Muñayoc, donde la contribución varía entre 5% (M-1) y 11% (M-2) de la disponibilidad total.

La importante oferta del **bosque denso** (LR-2), unas 30 veces superior a la del bosque abierto de ladera (LR-4), incluye leña de calidad deficiente, puesto que los troncos con diámetros superiores a los 30 cm presentan podredumbres del duramen y perforaciones causadas por insectos xilófagos que disminuyen considerablemente su poder calórico. Por ende, del total de ejemplares aprovechables, con diámetros basales del tronco comprendidos entre 6 y 30 cm, el 40% corresponde a calidad deficiente para leña (Cuadro 16). Además, todos los ejemplares leñosos son reproductores. Esta débil vocación para el aprovechamiento de leña permite valorar su conservación para la generación de semillas y el mantenimiento de un hábitat irremplazable para la fauna puneña.

Descartando el bosque abierto de ladera (LR-4), de exigua oferta de biomasa leñosa, los bosques restantes presentan bajos porcentajes de individuos con madera de calidad deficiente, desde casi 3% hasta 18%.

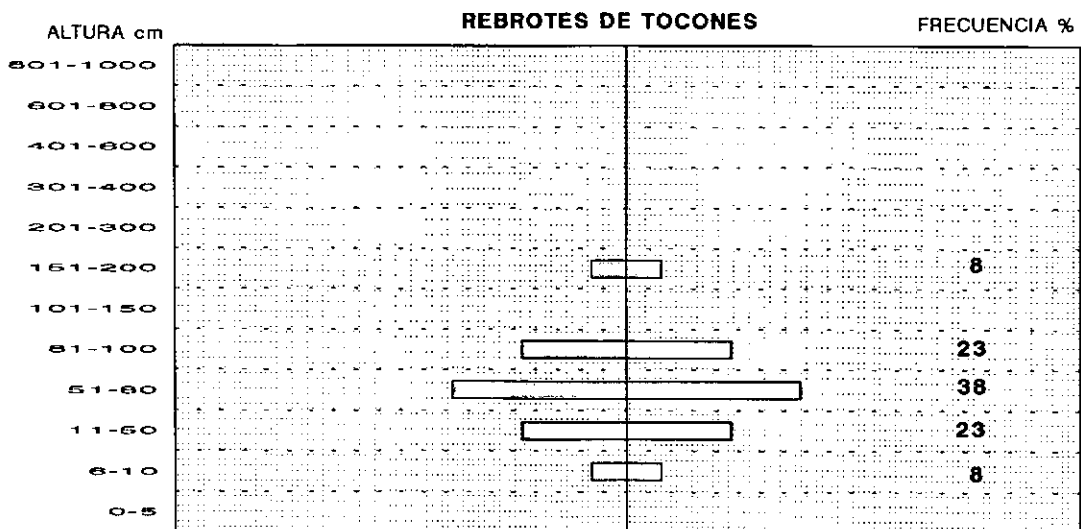
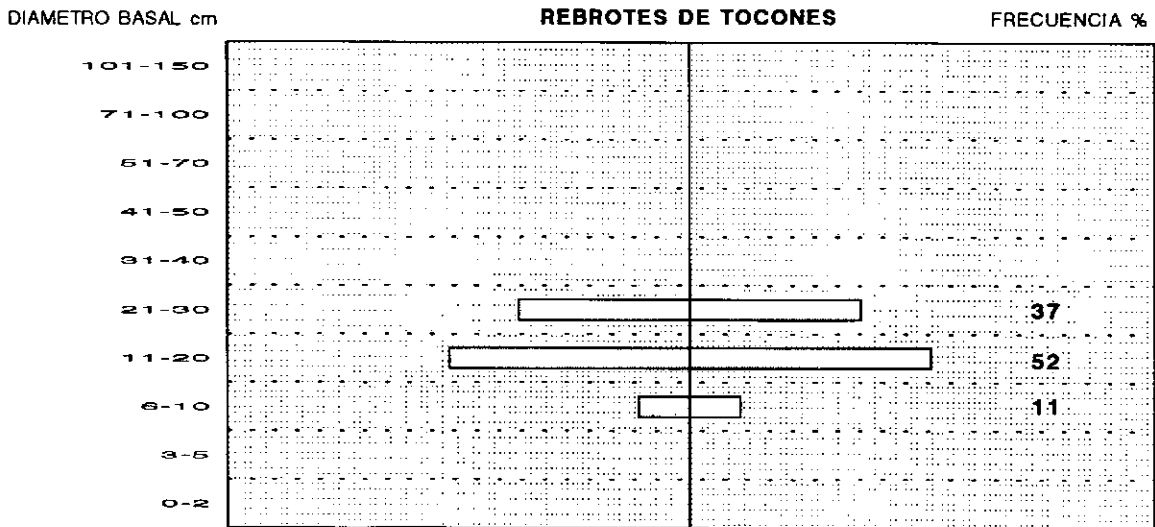
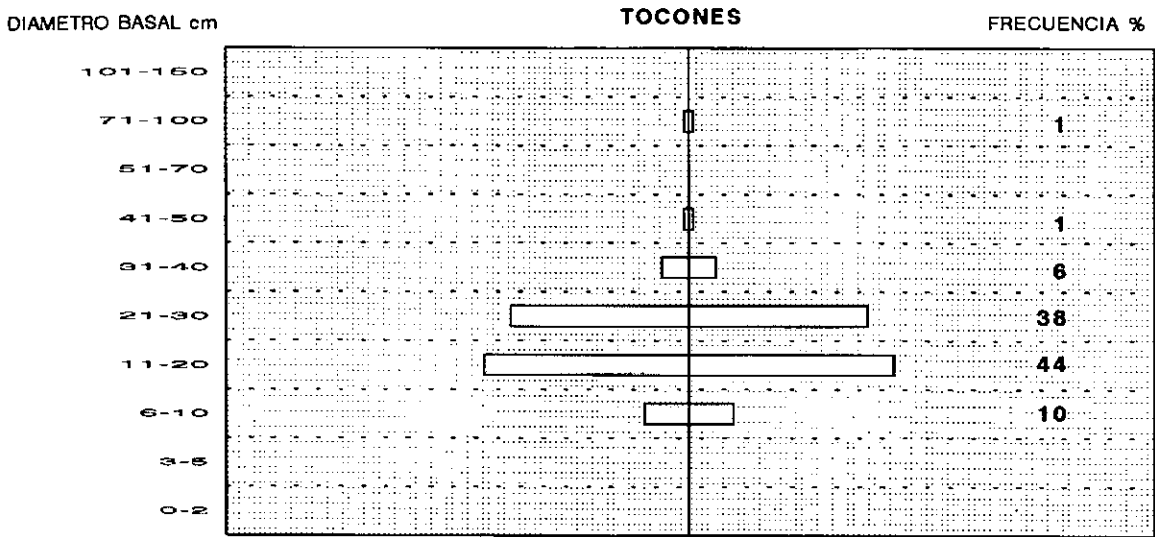
Fig. 13. Disponibilidad total de leña en los queñuales.



Cuadro 16. Oferta y uso de leña en los queñuales.

		Cerro Morado			Sierra de Quichagua		
		BOSQUE ABIERTO LR-1-3	BOSQUE DENSO LR-2	BOSQUE ABIERTO LR-4	BOSQUE ABIERTO M-1	BOSQUE EX-DENSO M-2	BOSQUE ABIERTO M-3
OFERTA DE LEÑA ton/ha	PLANTAS VIVAS (%)	9.38	117.22	4.05	21.23	37.08	18.01
		28.4	18.0	28.0	19.0	29.5	13.5
	PLANTAS MUERTAS	0.03	0.30	0.00	1.22	4.58	1.37
BIOMASA MINIMA EXTRAIDA * (según tocones)		0.46	14.57	0.14	1.12	3.92	2.30
DENSIDAD TOCONES	(ind/ha)	56.3	360.0	20.0	100.0	220.0	280.0
TOCONES REBROTADOS	(%)	44.4	19.4	50.0	20.0	18.2	32.1
TOCONES	Diámetro máximo (cm)	34.4	75.4	23.2	22.9	31.8	37.9
	Diámetro medio (cm)	18.8	23.6	19.1	16.7	18.2	17.6
INDIVIDUOS CON LEÑA CALIDAD DEFICIENTE (%)		3.2	39.8	0.0	17.7	12.5	2.6

Fig. 14. Distribución de frecuencias de tocones y tocones rebrotados.



Con respecto a los *tocones* (secciones remanentes de troncos de árboles talados), se comprueba su presencia en todos los sitios, con densidades que varían entre 20 y 360 tocones/ha (Cuadro 16). La cantidad de tocones es sólo una huella del grado de aprovechamiento de los bosques, aunque no lo refleja exactamente puesto que en ocasiones el apeo de árboles es acompañado por la remoción de una importante porción de material leñoso subterráneo.

Pese a ello, los registros de elevadas densidades de tocones en el bosque denso (LR-2), bosque ex-denso (M-2) y bosque abierto de ladera (M-3) ponen de manifiesto la preferencia por estos sitios durante la extracción de leña.

Estimando la cantidad de leño retirado, en función de los diámetros de los tocones y la altura media del bosque, resulta que la biomasa mínima aprovechada representa alrededor del 12% de la disponibilidad de leña actual por hectárea en los bosques mencionados.

Los diámetros preferidos en el aprovechamiento de queñua se evidencian por los porcentajes máximos de las clases diamétricas 11-20 cm y 21-30 cm, que en conjunto suman el 82% del total de tocones (Fig. 14). Estas preferencias coinciden con las aseveraciones apuntadas respecto del valor calórico de las clases comprendidas en el intervalo 6-30 cm de diámetro, señalando una maximización del rendimiento al extraer los mayores diámetros de los troncos con leña de calidad.

La queñua exhibe la capacidad de rebrotar desde los tocones, aptitud que fluctúa entre un 20% y un 50% del total de árboles apeados por hectárea. Tal capacidad se relaciona con determinados tamaños de tronco, siendo la clase diamétrica 11-20 cm la que muestra el mayor porcentaje de rebrote con 52% (Fig 14).

Si bien se comprueba esta relativa habilidad para recuperarse desde tocones, la altura de los rebrotes no supera los 200 cm, siendo más frecuente que alcancen entre 51 y 100 cm de altura. En consecuencia los tocones no reiteran árboles sino formas arbustivas, destacándose así que el apeo de árboles favorece el reemplazo de bosques por arbustales.

6. CONCLUSIONES

En base a los relevamientos y análisis efectuados, cuyos resultados se incluyen en el capítulo precedente, este estudio presenta como conclusiones más trascendentes en relación con el aprovechamiento de leña, a las mencionadas seguidamente.

- * Los combustibles domésticos más utilizados son **tola** (*Parastrephia lepidophylla*) y **queñua** (*Polylepis tomentella*), que constituyen las fuentes de leña principales y excluyentes, destinadas a la diaria cocción de alimentos y al calentamiento de agua. Su tasa de extracción depende de la disponibilidad de combustibles alternativos como gas envasado, estiércol o leña importada desde fuera de la región.

- * El sistema de provisión de leña implementado en las **escuelas**, a cargo de padres de los alumnos, está muy lejos de considerarse óptimo. Es desventajoso para la conservación del recurso **queñua**, puesto que en la mayoría de los casos (padre con varios alumnos) la cuota obliga a desmontar el doble de la superficie ocupada por bosques abiertos, a razón de poco más de 0.4 ha/año, respecto del consumo familiar. Este sistema tampoco es eficiente dado que exige el abastecimiento de un complemento de **tola**, cuya extracción es a su vez inconveniente para el mantenimiento de este recurso, ya que el consumo escolar degrada los tolares a una tasa de 1.1 ha/año.

- * Las **poblaciones** de ambos recursos no muestran características regresivas: el proceso de repoblamiento natural está vigente. Las especies no se hallan en peligro de extinción, aunque la queñua evidencia una marcada retracción en su área de distribución como árbol. La extracción de leña genera una desestabilización poblacional traducida en la sostenida disminución de los ejemplares más vigorosos y de mayor capacidad reproductiva.

-
- * En cuanto a las **comunidades** dominadas por las especies valoradas como recurso, tanto los matorrales de tola como los bosques densos de queñua tienden a desaparecer, ocupando en la actualidad mínimas porciones del paisaje. La continua extracción de leña genera una fuerte disminución de la cobertura total de las plantas dominantes, iniciándose un proceso de reemplazo entre tipos de vegetación natural, paulatinamente más empobrecidos en cobertura de perennes y desvalorizados en su oferta de leña.

 - * La implicancia central que conlleva la degradación de los **tolares** debidas a la remoción de ejemplares es el sensible incremento del riesgo de erosión, destacándose la fragilidad de las estepas que cubren acumulaciones de arena con altísimo peligro de una reactivación de la erosión formadora de médanos móviles.

 - * La progresiva pérdida de **bosques densos de queñua** representa un grave empobrecimiento fisonómico de la región cuyas consecuencias son por demás trascendentes e invaluable. Baste señalar que el bosque denso o "monte" es un tipo de vegetación único e inigualable dentro del ambiente puneño, con relevancia ecológica para diversos elementos de la fauna, y apreciado desde la perspectiva humana con un valor intrínseco que radica justamente en su excepcionalidad.

7. RECOMENDACIONES

En función de los resultados expuestos y de las conclusiones obtenidas se efectúan las siguientes recomendaciones tendientes a disminuir la actual degradación de las fuentes naturales proveedoras de leña, evitar la manifestación de impactos ambientales perjudiciales y optimizar el aprovechamiento de las especies valoradas como recurso.

- Pautas para la definición de políticas y programas

Acrecentar y diversificar la disponibilidad de fuentes calóricas alternativas.

Suspender el sistema actual de cuotas de provisión de leña en escuelas.

Impedir el uso de los queñuales densos y de los tolares de médanos.

Disminuir o restringir el consumo de queñua y tola en campamentos y guarniciones.

Reforzar la cultura de la reforestación.

Ampliar la superficie serrana con queñua.

Fomentar la práctica del cultivo de queñua en escuelas.

- Técnicas de manejo particulares para la optimización o recuperación del recurso:

Aprovechamiento de tola:

Difundir la aplicación del raleo en franjas con rumbo norte-sur.

Alentar la concentración extractiva de arbustos en los potreros con pastizales.

Manejar tolares algo degradados con desrame severo en vez de remoción completa.

Aprovechamiento de queñua:

Incitar el uso preferencial de bosques abiertos de quebradas bajas y arbustales de laderas.

Impedir la explotación de los bosques de quebradas altas, y de los bosques densos.

Evitar la tala de árboles de quebradas y laderas altas cuyas alturas superen 4.50 m.

- *Sistemas alternativos para la provisión de fuentes calóricas a escuelas*

Dada la naturaleza del ambiente de la Puna, se considera que el aprovechamiento de la energía solar constituye una alternativa óptima para satisfacer las necesidades calóricas diarias de las escuelas de la región, donde éstas ofrecen características definidas que facilitan su práctica.

La cocción de alimentos puede llevarse a cabo, parcial o totalmente, mediante el empleo de hornos solares, reduciendo en proporción el consumo de queñua y tola. Recuérdese que las escuelas poseen personal permanente de cocina, con lo cual la atención del horno no requiere de un esfuerzo adicional. Como beneficios directos derivados del uso de hornos solares se distinguen la reducción de la tasa de desmonte, la conservación de los tolares y la disminución de los riesgos de erosión.

El calentamiento de agua se hace en un termotanque a leña situado en habitación de mampostería. Su eventual reemplazo por un calentador solar asegura la provisión de agua caliente al final de la jornada, siendo necesario modificar la estructura del recinto para facilitar la entrada de la luz solar. En caso de utilizarse el calentador como complemento, el consumo de queñua estaría concentrado, disminuyendo la tasa actual de agotamiento de los bosques; aunque el uso exclusivo del horno presenta la innegable ventaja de hacer innecesaria la provisión de queñua, con lo cual se detendría la retracción de su área de distribución.

Entre otras alternativas factibles de implementar para suplir las demandas calóricas de las escuelas se mencionan: la continuidad del suministro de troncos extra-regionales trozados, pero con medidas de 20x10 cm, la provisión de gas natural envasado y la conformación de estaqueros de salicáceas cultivados junto al predio escolar.

8. SINTESIS ESQUEMATICA

LAS ESPECIES

TOLA

La tola (*Parastrephia lepidophylla*) es un arbusto siempreverde y resinoso de unos 150 cm de altura (Foto 1, Pág. 21), de la Familia Compuestas. También se la conoce como "tola vaca" o "tola verde". Es exclusivo de la vegetación punefina sudamericana, desde Perú hasta San Juan. Las ramitas están densamente cubiertas de hojas apretadas, carnosas, pequeñas, adosadas al tallo en forma más o menos imbricada. Las flores son amarillas.

En la Puna Jujeña forma los renombrados tolares, matorrales y arbustales casi puros que se encuentran en las planicies. También aparece en número variable en otros ambientes a lo largo de las vertientes, incluso trepando por los cerros.

Es el combustible doméstico por excelencia, muy valorado por arder fácilmente, humear poco y liberar agradable aroma. También es apreciada como planta medicinal y tintórea.

QUEÑUA

La queñua (*Polylepis tomenella*), "queñua" o "queñon", es una leñosa perennifolia de la Familia Rosáceas. Como árbol no supera los 10 metros, la mayoría tiene 4-7 metros (Foto 2, Pág. 25). Los troncos a veces están retorcidos y ramificados desde la base; su mayor diámetro es de 87.5 cm para un árbol de 9.4 m de altura. La corteza es muy llamativa por coloración y textura (Foto 3, Pág. 26). Las hojas llevan 3 folíolos aserrados (Foto 4, Pág. 27). Las flores tienen estambres rojo-oscuros notables.

Crece en las sierras rocosas de la Puna, donde forma bosques y arbustales. Los bosques densos aparecen donde hay más humedad; son únicos en la Puna. En las laderas más secas adopta forma arbustiva con 2-3 m de altura.

La madera es algo dura, pardo-rojiza; su sección tiene profundas hendiduras; los mayores diámetros presentan podredumbre del centro e insectos xilófagos que afectan el poder calórico. Se usa para leña, tirantería de viviendas y postes.

EL RECURSO

TOLARES

Las áreas de extracción de leña corresponden a tolares con diferente cobertura media (11-36%), aunque en ningún caso se comprueba la existencia de tolares densos o matorrales.

El tolar de La Redonda presenta la situación más pobre, con una disponibilidad de biomasa para leña de 3.5 ton/ha en peso seco. En el extremo opuesto, los tolares de Muñayoc triplican esa oferta con una media de 11 ton/ha. El tolar de Tuite dispone un valor intermedio de 5.5 ton/ha.

Los mayores tamaños de tola son muy raros, indicando una activa selección de ejemplares antes de su cosecha. Ninguno de los parámetros estructurales de la vegetación (densidad, cobertura, biomasa, altura de arbustos y diámetros de copa) mantiene correlaciones aceptables en función de la distancia respecto de las viviendas o puestos.

QUEÑUALES

La oferta de leña de los queñuales varía según la fisonomía de la comunidad, es máxima en los bosques densos y disminuye progresivamente conforme se ralean los árboles.

El bosque denso cercano a La Redonda sobresale por sus 117 ton/ha, mientras que la mejor situación de Muñayoc sólo alcanza a 37 ton/ha; ambas magnitudes dependen de la abundancia y tamaño de los árboles: 940 árboles/ha (altura máxima 8.9 m) y 550 árboles/ha (altura máxima 9.4 m), con edades muy superiores a los 100 años. Por las bajas densidades y tamaños de plantas, la oferta es menor en los bosques abiertos, entre 4 y 9 ton/ha en La Redonda, y alrededor de 20 ton/ha en Muñayoc.

Los bosques densos poseen escaso poder calórico pero alto valor ecológico y reproductivo. La aptitud de uso energético de los bosques abiertos es mucho mayor con bajos porcentajes de individuos con madera calorífica deficiente (3-18%), excepto el de laderas en La Redonda con exigua oferta de leña.

EL CONSUMO

PLANTAS DE TOLA

El uso de tola implica la remoción completa de los arbustos de mayor porte, consumidos cerca de 5 toneladas por año en cada vivienda de Tuite y La Redonda y casi 13 toneladas por año en la Escuela de Muñayoc. El consumo anual por casa equivale a la extracción de 850 individuos de tamaño medio (150 cm de diámetro de copa y 85 cm de altura) con más de 25 años de edad, y en la Escuela supera las 2300 tolas similares por año.

La demanda actual de tola produce el desmonte anual de 0.9 hectáreas en Tuite, de 1.3 ha/año en La Redonda, y de 1.1 ha/año en Muñayoc.

MADERA DE QUEÑUA

El aprovechamiento de queñua involucra el apeo de árboles, siendo muy raro su desrame. Cada vivienda cercana a los bosques consume unas 2 toneladas por año; y la Escuela de Muñayoc casi 9 toneladas anuales. Ambas cantidades son equiparables al leño completo de 18 y 88 árboles respectivamente, cuyas edades son de 50 años para unas dimensiones de 6 metros de altura y 32 cm de diámetro del tronco.

Una vivienda de La Redonda demanda un desmonte anual de 0.2 ha del vecino bosque abierto, cantidad que se eleva a 0.4 ha/año para la Escuela de Muñayoc donde hay bosques de mayor oferta.

LAS CONSECUENCIAS

VEGETACION DE PLANICIES

Destaparición de los tolares densos y reemplazo por arbustales y estepas arbustivas con tola. Disminución de la cobertura total con progresivo deterioro del estrato de leñosas perennes, concluyendo en la completa modificación de la fisonomía hacia estepas ralas, praderas de efímeras y peladras.

En caso de continuar la extracción de tola sobre acumulaciones de arena, severo riesgo de reactivación de la erosión con formación de médanos móviles.

Reducción sostenida en los tamaños de tola y desestabilización de sus poblaciones, pero sin impedir el mantenimiento de la especie, ni anular el repoblamiento excepto en áreas con sobrecarga animal.

VEGETACION DE SIERRAS

Inmediata reducción de la cobertura arbórea con cambio fisonómico. Severa escasez de bosques densos en las cercanías de manantiales, con implicancias para la fauna y el valor paisajístico de la comarca.

Progresivo reemplazo de tipos de vegetación hacia bosques abiertos, arbustales, estepas con árboles aislados y por último estepas arbustivas sin queñua, de poco valor como leña.

A nivel de las poblaciones de queñua continúa el repoblamiento, muy asociado con los ejes de escurrimiento. Desestabilización del espectro poblacional por insuficiencia de ejemplares de mayor porte, marcada retracción en su distribución como árbol.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BARBOZA G. & HUNZIKER A. 1993.** Estudios en *Solanaceae* XXXIV. Revisión taxonómica de *Fabiana*. *Kurtziana* 22: 109-153.
- BRAUN-BLANQUET J. 1979.** *Fitosociología*. H. Blume Ediciones. Madrid.
- BRAUN WILKE R. 1991.** Tres recursos leñosos: queñoa, churqui y tola. En: García Fernández J. J. & Tecchi R. (comp.) *La Reserva de la Biosfera Laguna de Pozuelos: un ecosistema pastoril en los Andes Centrales*. Instituto de Biología de la Altura, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- BRAUN WILKE R. 1993.** Las Tola: un complejo de especies vegetales andinas. Serie Divulgación Científica 5, Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- BRAUN WILKE R., VILLAFANE B. S. & ROBLES H. A. 1988a.** Productividad ecológica de la "tola vaca" (*Parastrephia lepidophylla* (Wedd.) Cabr.) en la Puna de Jujuy. *Actas del VI Congreso Forestal Argentino*, Tomo I: 177-181. Santiago del Estero.
- BRAUN WILKE R., ROBLES H. A. & VILLAFANE B. S. 1988b.** Productividad ecológica de la "queñoa" (*Polylepis tomentella* Wedd.) en la Puna de Jujuy. *Actas del VI Congreso Forestal Argentino*, Tomo I: 235-237. Santiago del Estero.
- BRAUN WILKE R., VILLAFANE B. S. & PICCHETTI L. 1995.** Plantas de interés ganadero de Jujuy y Salta, Noroeste Argentino. Colección Arte-ciencia, Serie: Educación y Tecnología. SECTER - Secretaría de Ciencia, Técnica y Estudios Regionales, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- BUITRAGO L. & LARRAN M. 1994.** El clima de la Provincia de Jujuy. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- CABRERA A. 1957.** La vegetación de la Puna Argentina. *Rev. Invest. Agríc.* XI (4): 317-412.
- CABRERA A. (Dir.) 1978.** Flora de la Provincia de Jujuy. Parte X *Compositae*. Colección Científica del INTA, Tomo XIII. Buenos Aires.
- CABRERA A. (Dir.) 1983.** Flora de la Provincia de Jujuy. Parte VIII *Clethráceas a Solanáceas*. Colección Científica del INTA, Tomo XIII. Buenos Aires.
- CABRERA A. (Dir.) 1993.** Flora de la Provincia de Jujuy. Parte IX *Verbenáceas a Caliceráceas*. Colección Científica del INTA, Tomo XIII. Buenos Aires.
- CASTAÑERA M. & GONZALEZ A. 1991.** La vegetación de la cuenca de Pozuelos. En: García Fernández J. J. & Tecchi R. (comp.) *La Reserva de la Biosfera Laguna de Pozuelos: un ecosistema pastoril en los Andes Centrales*. Instituto de Biología de la Altura, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- CLARK W. & HOSKING P. 1986.** *Statistical Methods for Geographers*. John Wiley & Sons. New York.
- DE LA SOTA E. 1977.** *Pteridophyta*. En: Cabrera A. (Dir.) *Flora de la Provincia de Jujuy*. Colección Científica Tomo XIII, Parte II. INTA. Buenos Aires.
- EZCURRA C. 1985.** Revisión del género *Chuquiraga* (*Compositae - Mutiseae*). *Darwiniana* 26 (1-4): 219-284.
- FREESE F. 1970.** *Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales*. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. México.

- GAUCH H. 1977.** ORDIFLEX. A flexible computer program for four ordination techniques: weighted averages, polar ordination, principal components analysis, and reciprocal averaging. Release B. Ecology and Systematics. Cornell University. New York.
- HAYS R., SUMMERS C. & SEITZ W. 1981.** Estimating wildlife habitat variables. Biological Service Program FWS/OBS-81/47. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior. Washington.
- HILL M. 1979.** TWINSPLAN. A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics. Cornell University. New York.
- MATTEUCCI S. & COLMA A. 1982.** *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie de Biología, Monografía 22. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington.
- MUELLER-DOMBOIS D. & ELLENBERG H. 1974.** *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. New York.
- NEWBOULD P. 1970.** *Methods for estimation the primary production of forest*. IBP Handbook 2. Blackwell Scient. Publ. New York.
- PICCHETTI L. 1991.** Comunidades arbustivas de la Puna Jujeña (Argentina) usadas como fuente de combustible doméstico. Tesis Maestría en Ciencias (Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. México. (inédito).
- ROIG F. 1973.** El cuadro fitosociológico en el estudio de la vegetación. *Deserta* 4: 45-67. Mendoza.
- TECCHI R. 1991.** Los ecosistemas Puna y Suni en la cuenca de la Laguna de Pozuelos. En: García Fernández J. J. & Tecchi R. (comp.) *La Reserva de la Biosfera Laguna de Pozuelos: un ecosistema pastoril en los Andes Centrales*. Instituto de Biología de la Altura, Universidad Nacional de Jujuy. San Salvador de Jujuy.
- ULIBARRI E. 1987.** Las especies de *Adesmia* de la serie *Microphyllae* (*Leguminosae - Papilionoideae*). *Darwiniana* 27(1-4): 315-388.
- VERVOORST F. 1982.** Noroeste. En Grassi M. (ed.) *Conservación de la vegetación natural en la República Argentina*: 9-24. Sociedad Argentina de Botánica, San Miguel de Tucumán.

10. LISTA DE FIGURAS, CUADROS Y FOTOS

	Pág.
Fig. 1.	Mapa de ubicación de los sitios analizados. 4
Fig. 2.	Modelo de planilla para el relevamiento de tolares. 13
Fig. 3.	Modelo de planilla para el relevamiento de queñuales. 15
Fig. 4.	Modelo de regresión para predecir el peso seco total de tola (en kg). 23
Fig. 5.	Modelo de regresión para predecir el peso seco del leño de queñua. 31
Fig. 6.	Ordenamiento de los censos de vegetación. 51
Fig. 7.	Factores ambientales determinantes de la diferenciación de la vegetación. 53
Fig. 8.	Reemplazo de tolares y queñuales causados por la extracción de leña. 55
Fig. 9.	Tolares: disponibilidad de leña en función de la distancia a las viviendas. 59
Fig. 10.	Distribución de frecuencias en porcentaje por clases volumétricas de tola (dm ³). 61
Fig. 11.	Pirámides poblacionales de queñua según densidad de individuos por clases de altura. 68
Fig. 12.	Pirámides poblacionales de queñua según densidad de individuos por clases diamétricas. 69
Fig. 13.	Disponibilidad total de leña en los queñuales. 72
Fig. 14.	Distribución de frecuencias de tocones y tocones rebrotados. 73
Cuadro 1.	Escala de abundancia-cobertura. 10
Cuadro 2.	Escala de grado de presencia de las plantas en los censos. 11
Cuadro 3.	Trascendencia estadística del modelo de regresión para peso seco de tola. 22
Cuadro 4.	Rango de aplicación de la regresión: medidas de los ejemplares extremos (en metros). 22
Cuadro 5.	Trascendencia estadística de modelos de regresión para edad de tola. 24
Cuadro 6.	Trascendencia estadística de modelos de regresión para peso seco de queñua. 29
Cuadro 7.	Rango de aplicación de las regresiones: medidas de los ejemplares extremos (en metros). 30
Cuadro 8.	Trascendencia estadística del modelo de regresión para edad de queñua. 32
Cuadro 9.	Tipificación del uso de leña por sitio. 34
Cuadro 10.	Tabla fitosociológica de las unidades de vegetación discriminadas. 38
Cuadro 11.	Parámetros estructurales de los tolares analizados. 57
Cuadro 12.	Valores extremos de los parámetros estructurales en los tolares analizados. 58
Cuadro 13.	Queñuales analizados. 63
Cuadro 14.	Principales parámetros estructurales de los queñuales. 65
Cuadro 15.	Parámetros estructurales complementarios de los queñuales. 66
Cuadro 16.	Oferta y uso de leña en los queñuales. 72
Portada.	Quebrada Rodeo: Don Mateo Abalos, Doña Dionisia y Laura junto a una hoguera de tola. 21
Foto 1.	Tola en floración. 21
Foto 2.	Arbol de queñua de 6.70 m de altura en un bosque denso. 25
Foto 3.	Detalle de la corteza de queñua. 26
Foto 4.	Detalle del follaje de queñua a fines del invierno. 27
Foto 5.	Bosque denso de queñua junto a un manantial en el Cerro Morado. 39
Foto 6.	Queñuales: bosques abiertos, arbustales altos y bosque casi denso. 41
Foto 7.	Tolares con rica-rica sobre médanos en Tuite. 46
Foto 8.	Tolares abiertos sobre suelos arcillosos en La Redonda. 48
Foto 9.	Tolares densos en Muñayoc; al fondo manchones de queñua en la Sierra de Quichagua. 48

11. GLOSARIO

áfila:	planta sin hojas y con las ramas verdes.
área basal:	superficie de terreno que es ocupada por tallos de plantas (m ² /ha).
aéreo:	ubicado por encima de la superficie del suelo.
albura:	porción externa inmediata a la corteza en la sección transversal de un tronco.
arbustal:	tipo de vegetación dominado por arbustos de más de 100 cm de altura cuyas copas no se tocan.
arbustos:	plantas leñosas con varios tallos principales ramificados desde la base.
axilar:	ubicado en la axila o ángulo de inserción de la hoja en el tallo.
bioenergético:	materia viva con valor calórico, equivale a combustible de biomasa.
biomasa:	cantidad de materia viva, habitualmente se expresa en peso seco por unidad de superficie.
caducifolias:	plantas que pierden las hojas en la época desfavorable.
canaliculado:	angostura diminuta a modo de pequeño canal.
capítulo:	grupo de flores reunidas sobre un receptáculo protegido por hojitas cortas (ej. margarita).
cobertura:	porcentaje de la superficie del terreno que se halla cubierto por las partes aéreas de las plantas.
cojín:	calificativo de las plantas que crecen en forma de almohadilla, como la yareta y la champa.
comunidad:	conjunto de poblaciones vegetales relacionadas entre sí que habitan un determinado medio físico.
duramen:	porción central de la sección transversal de un tronco formado por tejidos muertos.
edáfico:	propio del suelo.
efímeras:	plantas de vida muy breve que cumple su ciclo mientras dura el período de lluvias.
envainador:	que forma una vaina rodeando total o parcialmente algún órgano.
estepa:	formación vegetal dominada por plantas de bajo porte que crecen en forma más o menos dispersa.
exfoliable:	división de la corteza en láminas que se desprenden.
fisonomía:	aspecto que ofrece al observador la vegetación en su conjunto.
fitomasa:	cantidad de materia vegetal; se expresa en peso por individuo o por unidad de superficie.
fitosociológico:	relativo a las comunidades vegetales.
florístico:	relativo a la flora o a las entidades sistemáticas de plantas.
folíolo:	porción individual de una hoja compuesta
geófitas:	plantas que soportan el período desfavorable manteniendo únicamente las porciones subterráneas.
graminosa:	dominada por pastos (Familia Gramíneas).
gravilla:	tamaño de grano mayor que la arena.
halomórfico:	condición de los suelos salinos.
heliófilo:	calificativo ecológico aplicado a las plantas que requieren abundante luz solar.
hem criptófitas:	tipo de plantas con las yemas de renuevo ubicadas a ras del suelo, como los pastos.
higrófilo:	calificativo aplicado a las plantas que prefieren condiciones de humedad en el suelo.
imbricada:	modo de disponerse con superposiciones parciales, como las tejas.
imparipinada:	tipo de hoja compuesta que remata en un único folíolo, resultando en un número impar de folíolos.
inermes:	sin espinas.
leñosas:	plantas con consistencia de leña.
limo:	tamaño de partícula más grande que la arcilla pero menor que la arena.
matorral:	tipo de vegetación dominado por arbustos cuyas copas se tocan o entrecruzan.
orófilo:	calificativo ecológico de las plantas propias de los ambientes de alta montaña.
peladar:	vegetación muy rala donde el conjunto de plantas no logra contrarrestar el dominio del sustrato.
pelíticos:	relativo a los tamaños más finos de partícula: limo y arcilla.
perenne:	calificativo aplicado a las plantas que viven varios o muchos años.
perennifolio:	plantas que mantienen su follaje durante todo el año.
placas leñosas:	plantas que crecen en forma compacta y muy adheridas a la superficie del terreno, como la yareta.
pluviométrico:	referido a la cantidad de precipitaciones.
pubescente:	cubierto con pelos.
sección:	corte transversal.
sufrútice:	planta casi leñosa, subarbusto.
sustrato:	equivalente a suelo, independientemente de su desarrollo.
xérico:	relativo a la aridez.
xilófago:	que se alimenta de madera.