

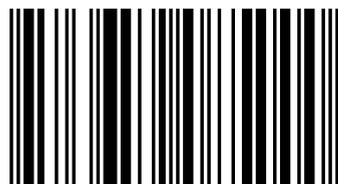
## Cambio climático en zonas semiáridas

El cambio climático está de moda y es abordado desde diferentes ángulos por distintos autores. En este libro se analizan los factores cambiantes del clima, sus efectos sobre los recursos naturales y su influencia sobre los humanos, sobre una región representativa de las regiones semiáridas del mundo: el Chaco Árido Argentino. Las alteraciones climáticas (naturales o antrópicas) modifican las estrategias de vida de los pobladores de estas regiones las cuales, sumado a otros factores de tipo económico, social, político o cultural, pueden provocar cambios en el ecosistema, el cual es particularmente frágil y está permanentemente bajo presión. Esto puede conducir a procesos de desertificación, alterando las relaciones entre los diferentes componentes del ecosistema y expulsando a sus pobladores. Si bien los contenidos se orientan hacia las relaciones dentro del Chaco Árido, muchas de estas ocurren en regiones similares y, por lo tanto, muchas de las acciones de mitigación y alternativas de rehabilitación discutidas aquí, pueden ser aplicadas en otras regiones, previa experimentación y adaptación a las condiciones locales.



**Marcos Sebastián Karlin**

Doctor en Agronomía, profesor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNCórdoba). Trabaja en proyectos de investigación y extensión aplicados a zonas marginales. En los últimos años se ha dedicado a estudiar la dinámica de ecosistemas y el efecto del cambio climático, habiendo plasmado su experiencia en publicaciones científicas y de divulgación.



978-3-659-08500-0

editorial académica española

Cambio climático en zonas semiáridas



Marcos Sebastián Karlin

# Cambio climático en zonas semiáridas

El caso Chaco Árido

Karlin

**Marcos Sebastián Karlin**

**Cambio climático en zonas semiáridas**



**Marcos Sebastián Karlin**

# **Cambio climático en zonas semiáridas**

**El caso Chaco Árido**

**Editorial Académica Española**

## **Impressum / Aviso legal**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Información bibliográfica de la Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek clasifica esta publicación en la Deutsche Nationalbibliografie; los datos bibliográficos detallados están disponibles en internet en <http://dnb.d-nb.de>.

Todos los nombres de marcas y nombres de productos mencionados en este libro están sujetos a la protección de marca comercial, marca registrada o patentes y son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. La reproducción en esta obra de nombres de marcas, nombres de productos, nombres comunes, nombres comerciales, descripciones de productos, etc., incluso sin una indicación particular, de ninguna manera debe interpretarse como que estos nombres pueden ser considerados sin limitaciones en materia de marcas y legislación de protección de marcas y, por lo tanto, ser utilizados por cualquier persona.

Coverbild / Imagen de portada: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Verlag / Editorial:

Editorial Académica Española

ist ein Imprint der / es una marca de

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Alemania

Email / Correo Electrónico: [info@eae-publishing.com](mailto:info@eae-publishing.com)

Herstellung: siehe letzte Seite /

Publicado en: consulte la última página

**ISBN: 978-3-659-08500-0**

Copyright / Propiedad literaria © 2013 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Todos los derechos reservados. Saarbrücken 2013



Cambio climático en zonas semiáridas : el caso Chaco Árido  
por Karlin, Marcos Sebastián

se distribuye bajo una

Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional



A mis hijos,  
para que reciban un mundo más coherente

Mi profundo agradecimiento a mi padre por sus correcciones y sugerencias.

# Índice

<b>Prefacio</b> .....	9
<b>Capítulo 1 Conceptos básicos de climatología</b> .....	13
Zona de Convergencia Intertropical .....	15
Alta Boliviana o Subtropical y Corriente en Chorro de Niveles Bajos .....	17
Continentalidad .....	19
Efecto Foehn .....	19
Efecto invernadero .....	20
Circulación termohalina .....	22
El Niño y la Niña .....	25
Ciclo Schwabe/Hale .....	29
<b>Capítulo 2 Antecedentes sobre el clima de la subregión del Chaco Árido</b> .....	31
Caracterización climática espacial de la subregión .....	33
<b>Capítulo 3 Variaciones climáticas en el Chaco Árido</b> .....	39
<b>Capítulo 4 (Re) definición de los límites del Chaco Árido</b> .....	49
<b>Capítulo 5 Cambio climático y recursos naturales</b> .....	55
Geomorfología y suelos .....	55
<i>Pedogénesis</i> .....	55
<i>Carbono orgánico</i> .....	57
<i>Carbono inorgánico</i> .....	60
<i>Salinidad</i> .....	61
Hidrología .....	64
Vegetación .....	67

Implicancias para un adecuado manejo sistémico .....	82
<b>Capítulo 6 Percepciones locales sobre el clima y el entorno</b> .....	87
Interpretaciones sobre el clima .....	88
Fenología o “ <i>de cómo hablan las plantas</i> ” .....	91
Ambiente .....	93
Percepción de los técnicos y políticos.....	97
Percepción de los empresarios .....	99
Reflexiones .....	100
<b>Capítulo 7 Breve historia climática y ambiental de la región</b> .....	101
Época prehistórica y preincaica (ca. 10.000 a.C – ca. 1490 d.C.).....	102
Época incaica (ca. 1490 – 1527).....	104
Época de la conquista y colonización española (1527 – 1776).....	105
Etapa del Virreinato del Río de la Plata (1776 - 1810) .....	108
Etapa de la Argentina soberana (1810 – 1880).....	109
Modernidad (1880 a la actualidad).....	110
<b>Capítulo 8 Desertificación</b> .....	115
Causas y procesos de desertificación .....	116
<i>Agricultura</i> .....	116
<i>Ganadería y deforestación</i> .....	120
Estado de degradación actual.....	124
Síntesis de los procesos de desertificación en zonas semiáridas .....	125
Filosofía de la desertificación.....	127
<b>Capítulo 9 Cambios en el uso de la tierra</b> .....	131
Avance de la agricultura .....	136
Ganadería.....	139

<b>Capítulo 10 Perspectivas futuras, mitigación y alternativas frente al cambio climático.....</b>	<b>143</b>
Perspectivas .....	143
Mitigación y adaptación .....	148
<i>La importancia del árbol y el arbusto.....</i>	<i>148</i>
<i>Eficientización del agua.....</i>	<i>152</i>
<i>¿Cultivar o no cultivar? Esa es la cuestión.....</i>	<i>154</i>
<i>Fijación de carbono.....</i>	<i>155</i>
<i>Los saberes populares.....</i>	<i>159</i>
<b>Postfacio .....</b>	<b>161</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>163</b>



## Prefacio

Los cambios climáticos ocurridos a lo largo de la historia se han producido por causas naturales, debiendo el hombre adaptarse a sus condiciones o desaparecer. Sin embargo, en la actualidad, el concepto de cambio climático está íntimamente asociado a causas antropogénicas, y la comunidad científica atribuye cambios en el comportamiento del clima a la emisión desmedida de gases de invernadero, debida fundamentalmente a la producción industrial y agropecuaria.

Es innegable que las condiciones climáticas actuales difieren de los datos promedio históricos; sin embargo estudios recientes indican que los cambios en el clima pueden deberse no a un único factor sino a múltiples causas, no solo a las altas concentraciones de gases invernadero en la atmósfera, sino también a cambios en la regulación de los ecosistemas, cambios en la circulación general de la atmósfera o a ciclos más o menos regulares en la intensidad de la radiación solar, entre otras.

La región del Chaco Árido no es ajena a estos cambios, y es afectada de forma muy particular. Como la mayoría de las zonas semiáridas del globo, esta es particularmente sensible al cambio climático por ubicarse en un área transicional entre zonas desérticas y áreas húmedas, recibiendo grandes presiones sobre los recursos naturales por el carácter inestable del clima; es decir, años climáticamente buenos hacen que las masas poblacionales locales prevean para años subsiguientes mayores presiones de explotación, colocando a dichos recursos en la frontera de lo “sustentable” hasta el advenimiento de ciclos climáticos desfavorables, desbalanceando la intensidad de producción y la capacidad de carga sobre los diferentes ambientes, definidos por la calidad del suelo y la disponibilidad de agua. Un cambio ligero en la precipitación estacional y/o en la frecuencia de eventos extremos de precipitación pueden conducir a la sobreexplotación de los

recursos naturales de las áreas secas y contribuir a la degradación de los recursos naturales que sustentan a las poblaciones (Reynolds y Stafford Smith, 2002), tal como ha ocurrido innumerables veces en la región africana del Sahel (Karlin, 2013b), la cual presenta características semejantes (en algunos aspectos) a la región del Chaco Árido Argentino.

No es la intención de este libro debatir si el cambio climático actual en el Chaco Árido se debe o no a causas antropogénicas, pero sí se pretende analizar los múltiples factores que modifican el comportamiento de la actividad humana y el impacto del cambio climático sobre los grandes reguladores de dichos fenómenos, tales como el suelo o los bosques.

El Capítulo 1 trata sobre aspectos generales del comportamiento del clima en general, detallando aquellos fenómenos que podrían afectar de forma más o menos directa esta subregión del Chaco, los cuales influyen sobre las respuestas en el uso y manejo de los recursos naturales por parte del hombre.

El Capítulo 2 caracteriza el clima del Chaco Árido tomando como base los datos climáticos obtenidos para el período de 1930 hasta 2011, especialmente en lo referente a dos de las variables climáticas más importantes: la temperatura y las precipitaciones, esta última la gran responsable de los impulsos o desaceleraciones productivas y sociales en esta ecorregión.

En el Capítulo 3 se analiza en mayor detalle el comportamiento del clima a lo largo de dicho período, tratando de explicar desde el punto de vista climático, las tendencias y ciclos a los cuales el Chaco Árido ha tenido que someterse, incorporando otros fenómenos que dinamizan y alteran las condiciones meteorológicas reinantes.

En el Capítulo 4 se revisan las delimitaciones históricas hechas sobre esta región fundamentalmente por influencia de las precipitaciones, explicando los grandes cambios ocurridos y cómo éstos deben ser considerados a la hora

de hacer generalizaciones sobre una ecorregión desde el punto de vista ecológico, productivo, económico, social y cultural.

En el quinto Capítulo se discute la influencia de las variables climáticas sobre el resto de los factores ambientales tales como la geomorfología, el suelo, la hidrología y la vegetación, considerando su íntima interacción y analizando los cambios ocurridos sobre estos factores debidas al cambio climático y cambios en el uso de los recursos, teniendo en cuenta un enfoque de tipo sistémico. Aquí se analizan dos grandes subsistemas como son el Chaco Árido Leñoso por un lado y los grandes sistemas salinos por el otro.

El siguiente Capítulo trata de recopilar la percepción hecha por los pobladores locales del Chaco Árido y otros actores involucrados (técnicos, políticos, empresarios rurales) sobre los grandes cambios en el sistema, alterado por el clima. Se contrastan aquí algunos datos empíricos analizados en el Capítulo 3 y la lectura particular e indirecta que hacen los campesinos sobre los grandes cambios en el sistema en el que viven.

A fin de comprender mejor el estado actual de los recursos como consecuencia del clima de la región y sus cambios, en el Capítulo 7 se hace una breve reseña del uso de los recursos y el impacto sobre los mismos en base a las evidencias históricas recopiladas en la bibliografía.

Los grandes cambios del sistema debidos fundamentalmente a cambios en el uso y aplicación de técnicas productivas han afectado el paisaje, provocando en muchos casos desertificación, entendida en su fase final como éxodo de las poblaciones rurales hacia los centros urbanos. Estos procesos son discutidos en el Capítulo 8.

Asimismo, se analizan los grandes cambios en el uso de la tierra (Capítulo 9) como consecuencia de los temas discutidos en los dos capítulos anteriores.

Finalmente, y en base a los capítulos anteriores, en el Capítulo 10 se aventuran posibles consecuencias y cambios a nivel ecosistémico y social por efectos del cambio climático, la desertificación y las acciones concretas para afrontar dichos fenómenos, contrastando lo analizado para el Chaco

Árido con otros sistemas de la Argentina y del mundo. Se intenta además, en base a la experiencia de instituciones y organizaciones que actúan en la región, y en base a experiencias de regiones ecológicamente afines, discutir, repensar y proponer alternativas de acción frente a al cambio climático y sus consecuencias directas e indirectas sobre el sistema.

Este libro habla sobre el cambio climático, sus causas y consecuencias, con énfasis en la Región del Chaco Árido. A lo largo del mismo se hará referencias a sitios representativos y estudiados de la región. Muchos de ellos pueden ser ubicados en un mapa al final del presente libro.

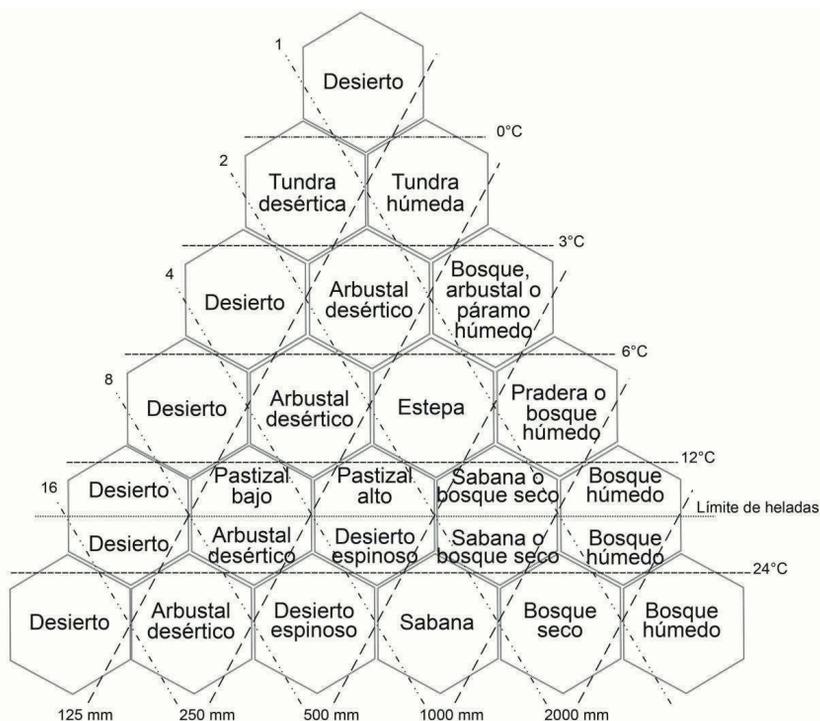
Si bien se toma como base mi experiencia en esta región, muchas de las cuestiones planteadas pueden ser adoptadas y adaptadas en otras regiones semiáridas del globo. En contrapartida, la bibliografía aquí citada, especialmente aquella que desarrolla temas sobre otras zonas del país y del mundo de características climáticas similares, puede ser consultada a los fines de reinterpretar, discutir y criticar los contenidos del presente libro. Vaya mi invitación al lector para “deconstruir” y “reconstruir” este tema tan controversial como es el del cambio climático.

# Capítulo 1 Conceptos básicos de climatología

Las zonas semiáridas ocupan aproximadamente un 15% de la superficie terrestre total y se caracterizan por registrar precipitaciones medias de entre 250 y 1000 mm y balance hídrico negativo en alguna época del año, aunque permitiendo el desarrollo de especies arbóreas fuera de cursos temporarios de agua, a diferencia de las zonas áridas. Generalmente corresponden a pastizales, arbustales o bosques bajos, con estaciones lluviosas definidas en pocos meses. Estos biomas se ubican en la periferia de los grandes desiertos y constituyen muchas veces áreas de amortiguamiento frente a cambios en el clima de los desiertos.

La ocurrencia de precipitaciones y su relación con las temperaturas define en mayor o menor medida la fisonomía del ambiente (Figura 1.1). Debe tenerse en cuenta que muchas veces el agua caída puede no ser aprovechada, debido tal vez a que los suelos no pueden captarla y almacenarla, o debido a una alta concentración de sales en zonas bajas del relieve, donde ésta es retenida con tal fuerza por el suelo que las plantas no pueden hacer uso de ella, o porque gran parte del agua vuelve a la atmósfera debido a la evaporación causada por las altas temperaturas del lugar.

Se han definido muchos otros índices para diferenciar los desiertos y los semidesiertos. Uno de ellos es el Índice de Aridez de la UNEP (Middleton y Thomas, 1992) el cual no sólo considera la cantidad de lluvia caída (PP), sino también la evapotranspirada (ET; producto de la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas). Según la relación PP/ET, valores por debajo de 0,5 definen zonas áridas o semiáridas.



*Figura 1.1: Determinación de las regiones bioclimáticas en base a la clasificación de Holdridge (1947). La escala de la izquierda corresponde a la relación entre la evapotranspiración y las precipitaciones, la de la derecha a las temperaturas medias anuales y la de abajo a las precipitaciones medias anuales.*

El cambio climático global sugiere una tendencia creciente de las temperaturas del aire de +0,60°C en los últimos 30 años, íntimamente correlacionado con el aumento en las emisiones de dióxido de carbono (IPCC, 2007). El efecto del cambio climático sobre las precipitaciones es muy variable y dependiente del área a considerar. A pesar de las relaciones establecidas por diferentes especialistas entre los aumentos en las concentraciones de gases de invernadero, las temperaturas y las precipitaciones, la gran mayoría de los modelos actuales no tienen en cuenta

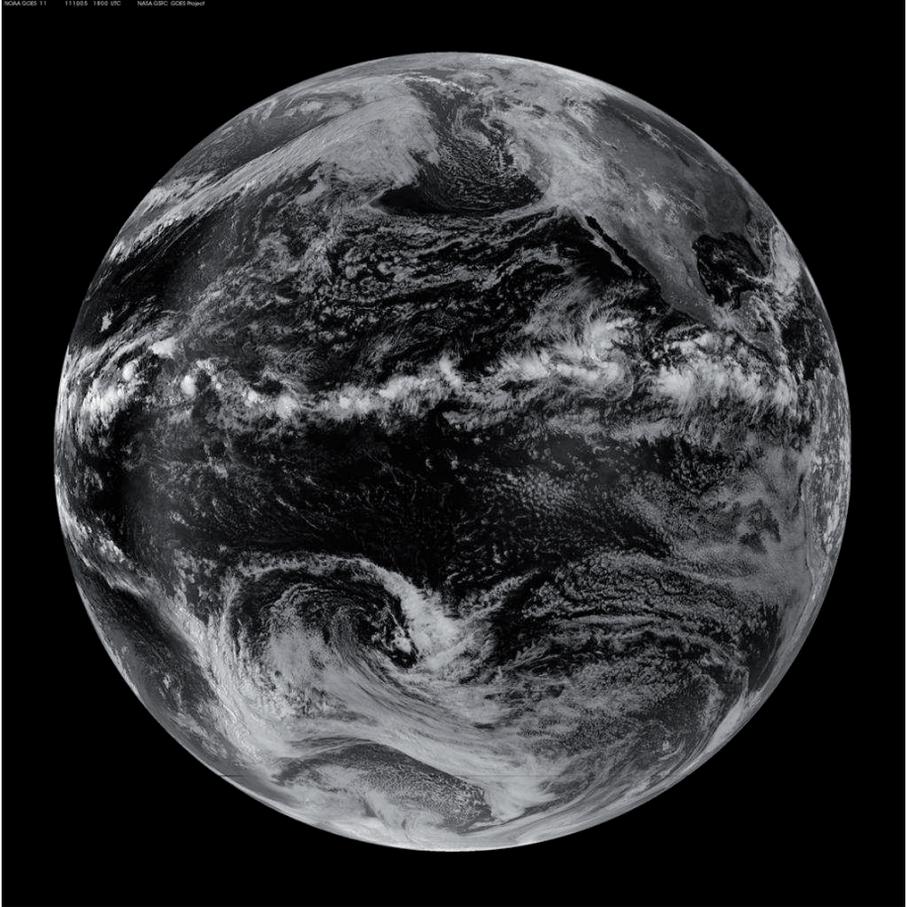
otros efectos antrópicos tales como cambios en el uso del suelo, por lo que es necesario ser cuidadosos frente a la aplicación de pronósticos a largo plazo.

Sin embargo, cambios en la dinámica climática, ya sea natural o antropogénica, sumado a las actividades humanas, pueden alterar la distribución y extensión de agroecosistemas que reemplazan los ecosistemas naturales. En la subregión del Chaco Árido esto se ve reflejado en el avance de la frontera agropecuaria hacia el este de la subregión, debido en parte a un aumento en los regímenes de precipitación, además de los elevados márgenes económicos que la actividad agrícola ofrece.

A nivel global y regional, el cambio climático es explicado por múltiples teorías, y probablemente estos cambios se deban a una conjunción de múltiples causas. A continuación se explican algunas de las más difundidas y que tienen influencia sobre nuestra área de estudio.

### **Zona de Convergencia Intertropical**

La zonificación de los desiertos y los semidesiertos es definida principalmente por lo que se conoce como Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se manifiesta como un gran cinturón que rodea el globo a la altura del Ecuador (Figura 1.2). En estas zonas ecuatoriales la luz solar es muy intensa, lo que conduce a un calentamiento del aire. Este aire, al calentarse, tiende a expandirse, haciéndose menos denso (la misma masa pero en un mayor volumen). La masa de aire que está cargada con mucha humedad, al elevarse se enfría y la humedad tiende a condensarse en forma de lluvias convectivas en las regiones tropicales con vegetación selvática. Estos ecosistemas cuentan con más de 200 días de ocurrencia de lluvias al año.



*Figura 1.2: Zona de Convergencia Intertropical (NASA-Goddard Space Flight Center, NOAA GOES). Obsérvese la franja blanca de nubes en el centro de la imagen.*

La humedad proviene de áreas de mayor latitud, la cual es arrastrada hacia el Ecuador por el “vacío generado” al desalojarse la masa de aire caliente. Es decir, la humedad es redistribuida y acumulada desde todos los sectores comprendidos hasta los 30° de latitud norte y sur hacia zonas ecuatoriales. Dicha masa de aire ascendente que ha descargado su humedad en forma de lluvias, baja nuevamente hacia zonas subtropicales completamente libre de

agua. Este circuito de aire es lo que se conoce como Celda de Hadley, formando centros de baja presión (o anticiclones) en el Ecuador y centros de alta presión (o ciclones) por debajo de los Trópicos de Cáncer y Capricornio. Esta es la principal causa por la cual los grandes desiertos del mundo se ubican a la altura de los 30° de latitud en ambos hemisferios.

La posición de la ZCIT varía en función a la estación del año, siguiendo la posición del sol en el zenit.

La presencia de ciclones en áreas desérticas impide el ingreso de masas húmedas de los mares y océanos.

### **Alta Boliviana o Subtropical y Corriente en Chorro de Niveles Bajos**

La ocurrencia de precipitaciones en una determinada región depende en gran medida de la disponibilidad de vapor de agua en la atmósfera. La circulación atmosférica es la encargada de transportar el vapor de agua desde las distintas fuentes hacia los sumideros. Las principales fuentes que proveen el vapor de agua que da origen a la precipitación sobre Sudamérica subtropical al este de la Cordillera de los Andes son la Selva Amazónica y el Océano Atlántico (Doyle y Barros, 2000).

La Alta Boliviana o Subtropical es, como lo dice su nombre un centro de alta presión anticiclónica que expulsa aire próximo al paralelo de 30° de latitud sur. Se caracteriza por expulsar vientos (en sentido antihorario) calmos, cálidos y húmedos debido a la influencia de la humedad y el calor captados desde la Amazonia alta subtropical (Figura 1.3).

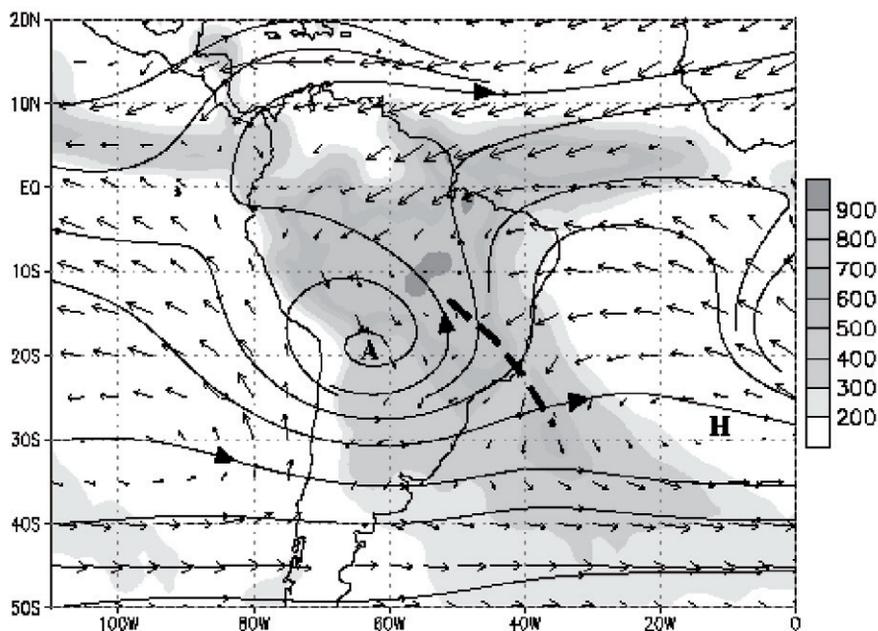


Figura 1.3: Alta Boliviana (A) y centro de alta presión subtropical del Atlántico Sur (H). El sombreado indica precipitaciones promedio de 1979 a 1995 correspondientes al período Diciembre-Febrero (Kousky y Halpert, 2006).

En Argentina sus vientos ingresan desde el noroeste pudiendo debilitar los monzones húmedos y frescos del sureste y reduciendo las precipitaciones en la región central del país.

La Corriente en Chorro de Niveles Bajos se trata de una corriente de aire que circula de occidente a oriente a la altura de la tropopausa, entre la tropósfera y la estratósfera. Las corrientes pueden ser polares, de mayor fuerza, o subtropicales, más débiles. Esta última es bastante estable en su recorrido y velocidad. Esta corriente está concentrada alrededor de los 30°S.

Alcanza su posición extrema norte en invierno (hacia el norte de los 28°S) y su posición extrema sur en verano (35°S en enero). En septiembre y octubre,

la corriente cambia abruptamente su posición de 27°S a 30°S respectivamente (Antico y Berri, 2004).

Durante invierno y primavera la intensidad de esta corriente es máxima, dominando la circulación durante este período. Su debilitamiento en verano y otoño deja lugar a la Alta Boliviana como corriente dominante sobre la región. La Corriente en Chorro en capas bajas desempeña un importante papel en el transporte de humedad desde el Amazonas hacia mayores latitudes. Durante los períodos húmedos se observó en a los 35° de latitud S un intenso flujo de humedad desde el norte sobre los 60°W, mientras que durante eventos secos la humedad que ingresa al país se desplaza hacia el este hasta aproximadamente 40°W, al Océano Atlántico (Doyle y Barros, 2000). Este comportamiento está asociado a la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), responsable de desviar la humedad proveniente del Amazonas. La Corriente en Chorro es la responsable de neutralizar o “correr” hacia el este el anticiclón del Atlántico Sur (Figura 1.3), por lo que mayores intensidades de la Corriente en Chorro favorecen una mayor humedad en el centro de la Argentina.

### **Continentalidad**

La razón por la que las áreas desérticas sean mayores en el hemisferio norte respecto al sur, es la continentalidad, lo cual produce que a medida que nos internamos en un continente, las ocasionales masas húmedas de los océanos vayan perdiendo la capacidad de descargar agua en forma de precipitaciones.

### **Efecto Foehn**

Otra causa de aridez es la presencia de sistemas montañosos que restringen el ingreso de masas húmedas, por el efecto Foehn, tal como ocurre con el viento Zonda al oeste de la Argentina, aunque de escasa influencia sobre el Chaco Árido. La presencia de serranías hacia el este del Chaco Árido

(Sierras de Córdoba y San Luis) condiciona la entrada de masas húmedas a esta región y provocando efectos de esta naturaleza, aunque en menor escala respecto al Zonda del sector centro-occidental del país. Asimismo, las serranías del oeste (Sierras de Las Quijadas, de Valle Fértil y La Huerta, de Velasco y Ambato) hacen lo propio con las masas húmedas del sur que logran ingresar a la ecorregión descargando su humedad sobre las laderas orientales y liberando vientos secos hacia el sector de los valles áridos (Figura 1.4).



*Figura 1.4: Efecto Foehn en las Sierras de Ambato, Catamarca. © M. Karlin.*

### **Efecto invernadero**

El factor dominante en el forzamiento radiativo del clima a partir de la era industrial sería el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Muchos de los principales gases de efecto

invernadero se generan de forma natural, pero se han incrementado sus concentraciones en la atmósfera durante los últimos 250 años, en gran parte debido a las actividades humanas. Otros gases de tipo invernadero son enteramente el resultado de las actividades humanas. La contribución de cada gas de efecto invernadero a la fuerza radiante en un determinado período de tiempo se determina por el cambio en su concentración en la atmósfera sobre dicho período y la capacidad del gas de modificar el balance radiativo (Figura 1.5).

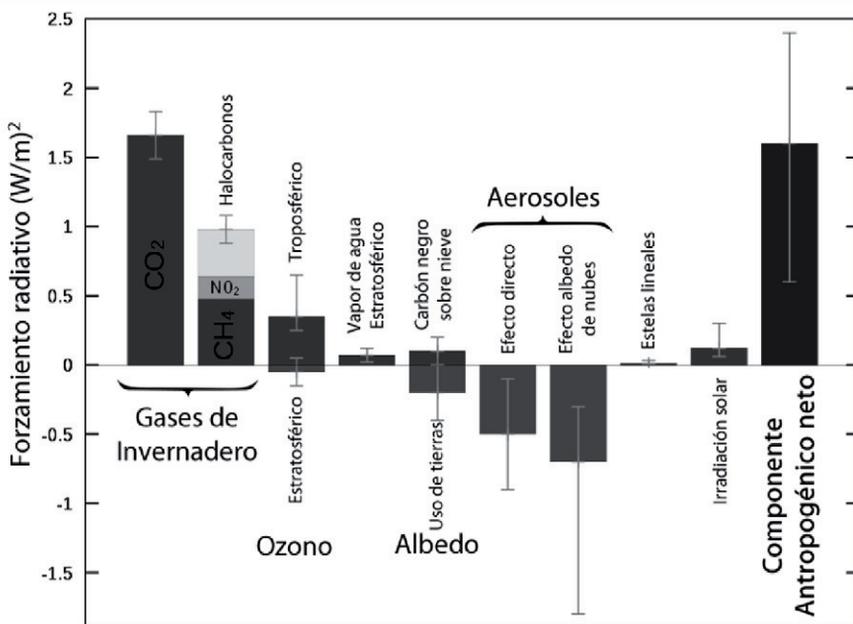


Figura 1.5: Promedio mundial de forzamiento radiativo en 2005 con respecto a 1750 (IPCC, 2007).

La velocidad de eliminación de un gas determinado puede depender de su concentración u otras propiedades atmosféricas (temperatura o composición química de la atmósfera).

Los gases de efecto invernadero se clasifican en gases de larga vida (LLGHG), y algunos de estos son el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O. Estos son químicamente estables y persisten en períodos de décadas a siglos, por lo que su emisión tiene una influencia de largo plazo en el clima. Los gases de corta duración como SO<sub>2</sub> o CO son químicamente reactivas y generalmente se eliminan por procesos de oxidación natural en la atmósfera, por la eliminación en la superficie o por lavado de precipitaciones; sus concentraciones son por lo tanto muy variables. El ozono es un gas de efecto invernadero significativo que se forma y se destruye por reacciones químicas que implican otras especies en el ambiente tales como los clorofluorocarbonos (CFC) (IPCC, 2007).

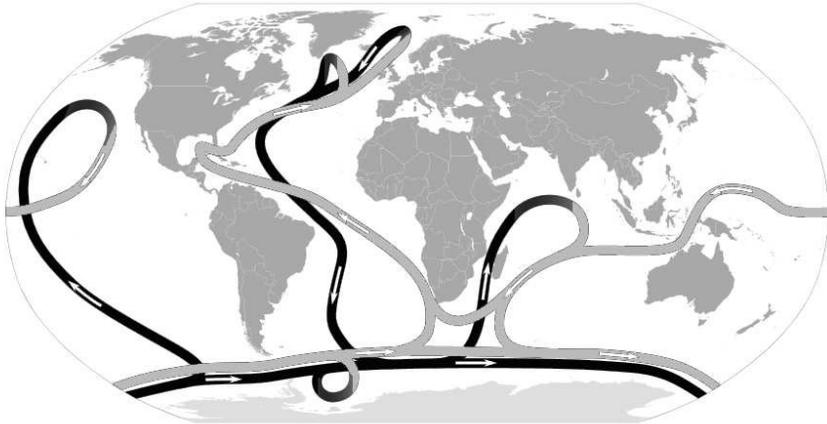
El vapor de agua también es un gas de efecto invernadero, aunque este es un gas altamente variable en sus concentraciones relacionadas con la temperatura de la atmósfera, de gran influencia en la retroalimentación sobre esta variable. Incrementos en la concentración de vapor de agua en la estratósfera provoca enfriamiento de la misma y calentamiento de la tropósfera, mientras que lo opuesto ocurre con una disminución de la cantidad de vapor (Solomon et al., 2010).

### **Circulación termohalina**

Una de las causas de la distribución de lluvias en el globo está determinada por el movimiento de las corrientes marinas.

La corriente del Golfo es una corriente oceánica que transporta grandes masas de agua cálida desde el Golfo de México hacia el Atlántico Norte, por efecto de los vientos provenientes del oeste, de un gradiente termohalino (diferencia de temperaturas y concentración de sales) y el movimiento rotacional terrestre. Tanto la temperatura como la concentración salina producen un cambio en la densidad de las aguas del Océano Atlántico. El gradual enfriamiento de la corriente en su camino hacia el norte hace que esta se hunda, y fluya hacia otras partes del globo, como por ejemplo el

Océano Índico o el Pacífico Norte, provocando la mezcla de aguas de diferentes océanos, influyendo en forma masiva sobre el clima terrestre (Figura 1.6).



*Figura 1.6: Circulación Termohalina; en gris las corrientes superficiales cálidas, en negro las corrientes profundas frías y salinas (Creative Commons).*

El movimiento de estas masas de agua hacia el norte permite que Eurasia cuente con temperaturas más cálidas que las correspondientes a su latitud y a la continentalidad, y con el ingreso de masas húmedas hacia el interior del continente.

El intercambio de calor de la corriente con la atmósfera aumenta la evaporación, y consecuentemente aumenta la densidad de las masas de agua del océano por concentración de sales, hundiéndose posteriormente.

La hipotética ruptura en la dinámica de esta corriente podría, de acuerdo a información paleoclimática, conducir a una nueva época glacial, reduciendo la temperatura y las precipitaciones en gran parte del hemisferio norte.

La tierra ha experimentado numerosos ciclos de enfriamiento y calentamiento durante el cuaternario más reciente, correspondiente al fin del pleistoceno (ca. 16.000 a.C. a ca. 9600 a.C.) y al holoceno (ca. 9600 a.C. a la actualidad).

Posteriormente a la última gran glaciación (12.700-10.800 a.C. de acuerdo a los registros de núcleos de hielos de Groenlandia), el clima comenzó a hacerse más templado, aumentando la temperatura, las precipitaciones, y como consecuencia comenzaron a descongelarse los hielos del hemisferio norte.

El consecuente deshielo del casquete Laurentino, que cubría gran parte de Canadá y noreste de EEUU, formó en el centro de Norteamérica un lago de origen glacial llamado Lago Agassiz, el cual descargó enormes volúmenes de agua dulce hacia el Atlántico Norte a través del río San Lorenzo, afectando la dinámica de la Corriente del Golfo. La disminución en la concentración salina del Océano Atlántico Norte redujo la densidad de las aguas, frenando la circulación de esta corriente. Este fenómeno condujo inevitablemente a un período más frío y seco en todo el continente Europeo y quizá en tierras costeras mediterráneas.

Debido a la disminución en la circulación termohalina, el ritmo de descongelación se redujo entre 12.700 y 11.500 años atrás durante el episodio frío conocido como Dryas Reciente, permaneciendo en este estado durante 1300 años.

En el Atlántico Sur esta reducción de la corriente termohalina podría haber debilitado el anticiclón al este de nuestro país al comienzo del holoceno comenzando un período cálido y seco en la región central de Argentina, aumentando la dominancia de especies gramíneas en desmedro de otras taxa de características hidrófilas y criófilas, vegetación que domina hasta nuestros días. A partir del período 8000 a 4000 AP las alternancias del clima en fases secas y húmedas comienzan a ser dominadas por eventos El Niño-Oscilación del Sur (Villagrán, 1993).

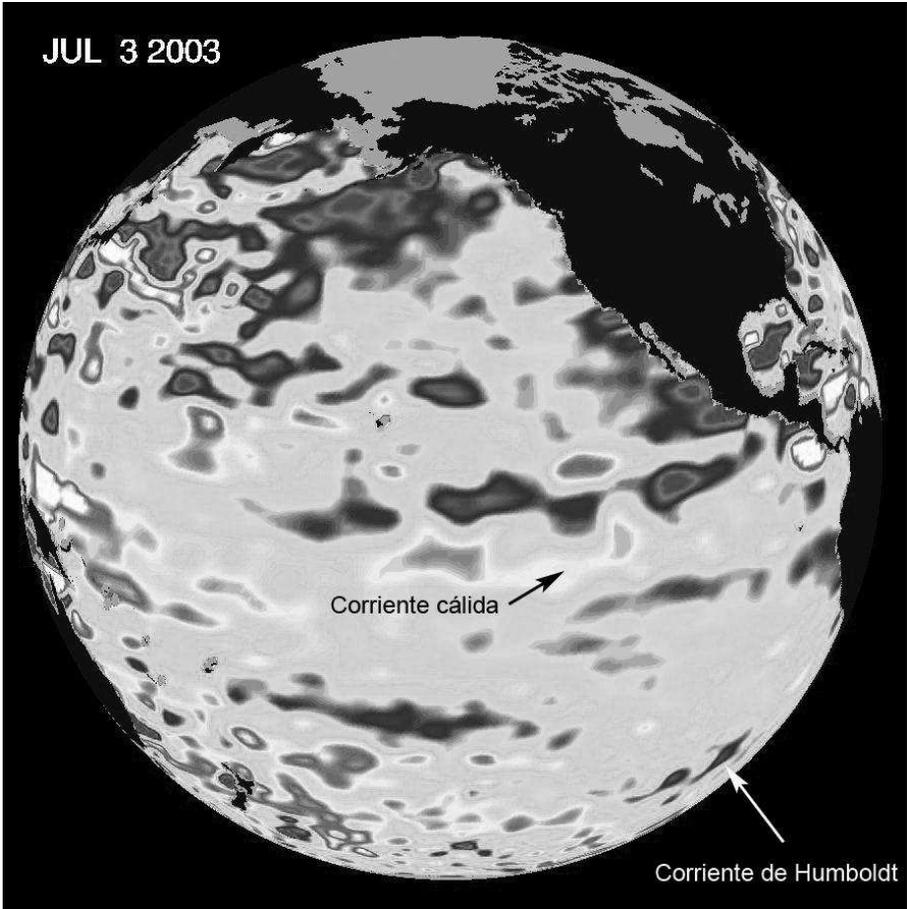
## El Niño y la Niña

Una de las causas de variación en el clima de diversas regiones del globo corresponden al fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (sus siglas en inglés: ENSO). Este ciclo global tiene dos extremos: una fase cálida conocida como “El Niño” y una fase fría conocida como “La Niña”. En la región central de Argentina, estos fenómenos tienen gran influencia sobre el clima dominante (Rusticucci y Vargas, 2002).

El Niño es un fenómeno climático cíclico provocado por alteraciones en la dinámica de las corrientes marinas de la Zona Intertropical del Pacífico. Se basa en la interacción de corrientes marinas cálidas provenientes del norte del ecuador con la corriente fría de Humboldt emergente de aguas profundas, que corre de sur a norte por las costas de Chile, Perú y Ecuador. Bajo condiciones normales, los vientos alisios que soplan de este a oeste del Pacífico acumulan agua y calor en la parte occidental de este océano, por lo que el nivel del agua es más alto en las costas del sureste de Asia que en las de Perú, y existe una diferencia de temperatura de aproximadamente 8°C. Éste fenómeno provoca en las costas de Perú y Ecuador un enfriamiento de la atmósfera, formando neblinas y reduciendo las precipitaciones de invierno (Figura 1.7).

El fenómeno del Niño recibe su nombre ya que los pescadores del Piura notaban que cada cierta cantidad de años (entre tres y ocho de acuerdo a registros), en época de navidad, el boquerón o anchoveta (*Engraulis ringens*), un pez de agua fría atraído por la corriente de Humboldt, reducía sus cardúmenes, y con ellos los cardúmenes de otros peces que se alimentaban de ellos. Normalmente, la corriente fría de Humboldt limpia el fondo marino de las costas chilenas y peruanas, arrastrando los nutrientes a la superficie, alimentando al fitoplancton y zooplancton, alimento esencial para el boquerón.

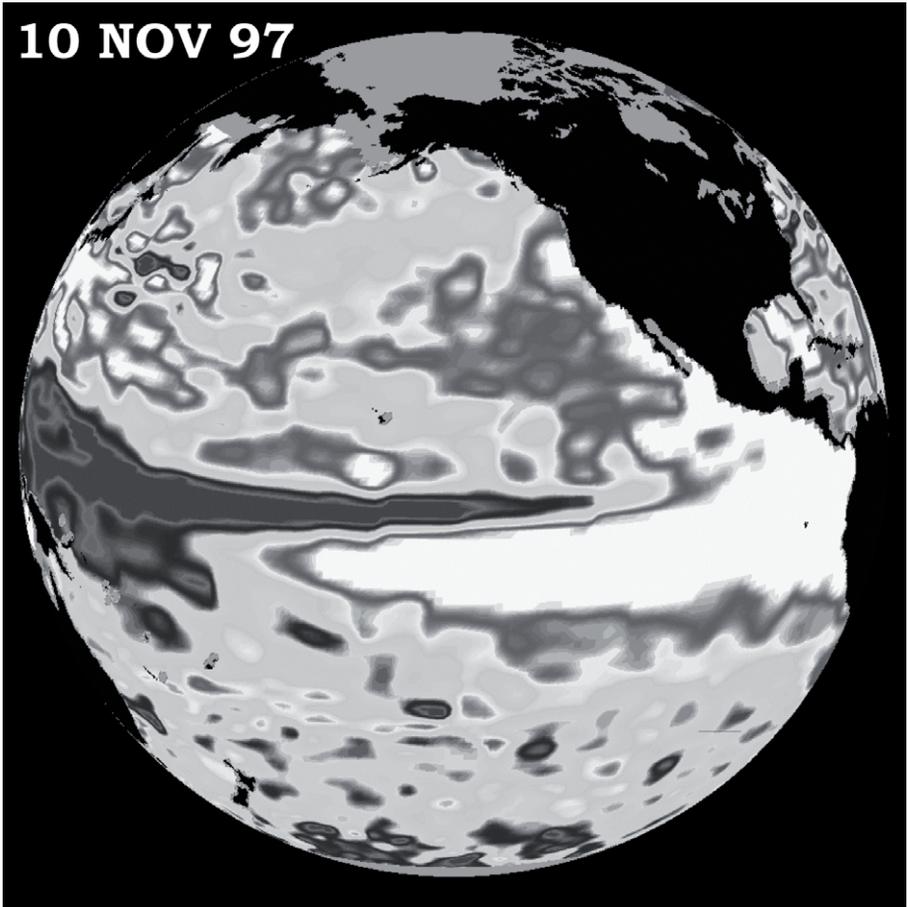
JUL 3 2003



*Figura 1.7: Condiciones normales de temperatura en el Océano Pacífico (Fuente: Jet Propulsion Laboratory, NASA).*

El ingreso de las corrientes cálidas (Figura 1.8) del norte provoca la superposición sobre la corriente de Humboldt, descargando lluvias torrenciales sobre las costas desérticas del norte de Perú y sur de Ecuador, y trayendo penurias a los pescadores del boquerón. Mientras que en estas latitudes el fenómeno del Niño trae lluvias excesivas, en otras zonas del globo como en América Central, sudeste de Asia o Australia provoca generalmente graves sequías, que fomentan los incendios forestales. En

parte de la Argentina produce un aumento de precipitaciones, trayendo aparejado un aumento en los rendimientos de grano de la Pampa Húmeda y favoreciendo la expansión de la frontera agropecuaria hacia el oeste y norte del país.



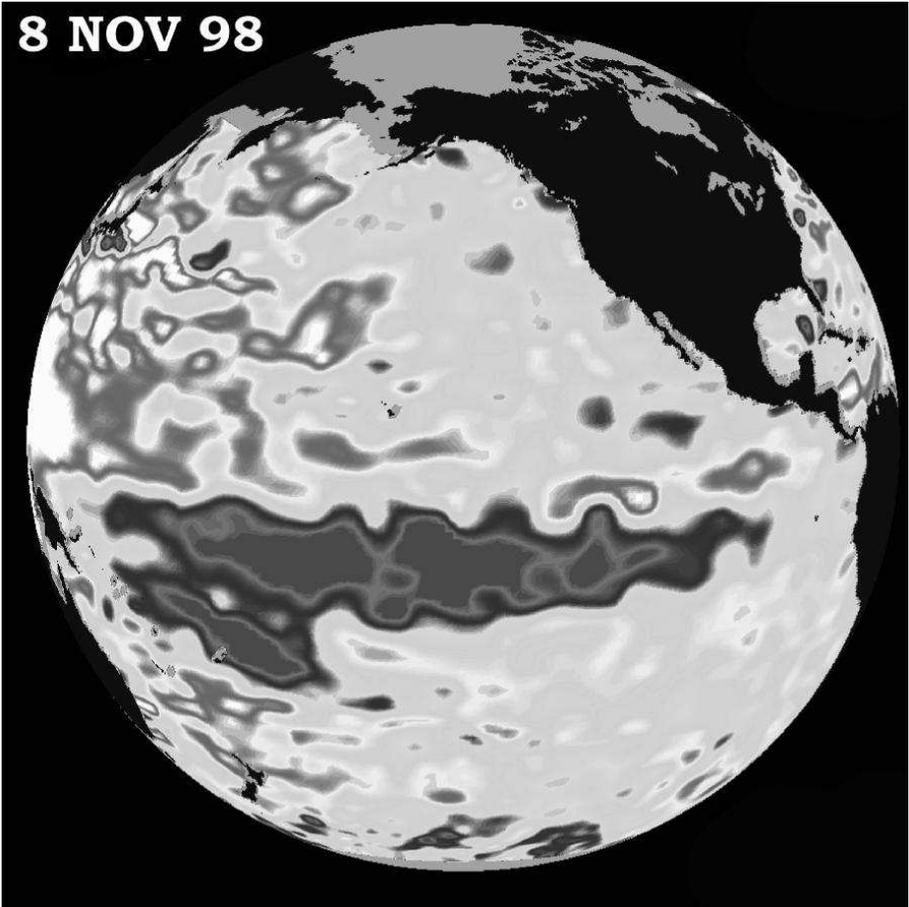
*Figura 1.8: Fenómeno del Niño en el Océano Pacífico (Fuente: Jet Propulsion Laboratory, NASA). La mancha blanca sobre las costas de Perú y Ecuador indica una corriente de aguas cálidas.*

Durante los episodios del Niño, los vientos alisios del este se debilitan, por lo que las temperaturas del mar en la costa peruana aumentan. Esto provoca un cambio en las presiones atmosféricas que alteran el clima de ambas regiones. En el sudeste asiático se genera un centro de alta presión, mientras que en Perú la presión disminuye, provocando graves sequías en el Pacífico Occidental ya que los vientos húmedos no pueden acercarse a sus costas, mientras que en el Pacífico Oriental ocurren lluvias torrenciales por ingreso de corrientes cálidas y húmedas en esta zona.

El fenómeno de la Niña es un fenómeno inverso al del Niño, en el cual los vientos alisios del este soplan con mayor fuerza, empujando aguas cálidas a las costas asiáticas, produciendo mayores temperaturas que lo normal, mientras que en las costas orientales del Pacífico las aguas se enfrían más de lo normal (Figura 1.9).

La Niña provoca graves sequías en las costas de Chile, Perú y Ecuador, condiciones más húmedas en el nordeste de Brasil y sudeste de Asia y Australia. En Argentina, las regiones pampeana y chaqueña presentan generalmente precipitaciones menores a las medias históricas.

8 NOV 98

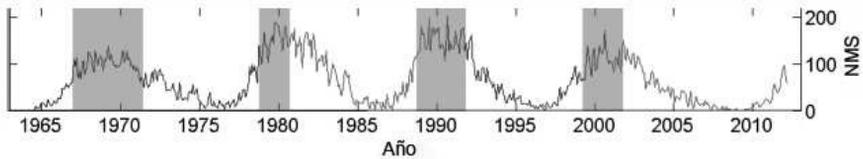


*Figura 1.9: Fenómeno de La Niña en el Océano Pacífico (Fuente: Jet Propulsion Laboratory, NASA). La mancha blanca hacia el norte de la isla de Nueva Guinea indica una corriente de aguas cálidas.*

### **Ciclo Schwabe/Hale**

En 1843 el astrónomo Samuel Schwabe descubrió una recurrencia en la variación del número de manchas solares en nuestra estrella, con ciclos promedio de once años, las cuales, y tal como lo descubrió años después George Hale, están altamente magnetizadas. Este ciclo es de origen

magnético con una duración de 22 años, aunque los cambios de polaridad se dan cada 11 años y las manifestaciones de las manchas solares son insensibles a esta polaridad (Figura 1.10).



*Figura 1.10: Número de manchas solares (NMS) medidas en el tiempo. Los cuadros grises representan los momentos de cambio de polaridad de las manchas. Extraído de Thomas et al., 2013.*

La ocurrencia de estas manchas modifica la Irradiancia Solar Total (IST) sobre la atmósfera alta de la Tierra, donde la radiación UV afectaría a la capa de ozono, a la vez que cambia los patrones de temperatura y viento en la estratosfera, modulando ondas de energía desde la troposfera. Esto, a su vez, alteraría el viento troposférico y la advección de temperatura, y modificaría otros fenómenos climáticos (Rind, 2002). Sin embargo, los estudios sobre la relación entre la IST y el calentamiento de la atmósfera son algo contradictorios (Lean et al., 1995; Fröhlich y Lean, 1998; Rind, 2002).

Otra característica de los ciclos solares es la fluctuación del plasma en la interfase Sol-Tierra, la cual modifica la entrada de rayos cósmicos a la atmósfera baja como consecuencia de las variaciones en el campo magnético de la Tierra inducido por eventos eruptivos, propagados por el viento solar y el campo magnético interplanetario. Partículas ionizadas por este fenómeno en nuestra atmósfera actuarían como núcleos de condensación, aumentando la nubosidad y regulando el balance energético de la atmósfera, modificando el clima (Svensmark, 2000; Svensmark et al, 2007; Enghoff y Svensmark, 2008).

## Capítulo 2 Antecedentes sobre el clima de la subregión del Chaco Árido

El Chaco Árido Argentino posee una superficie cercana a las 9,6 millones de hectáreas, extendiéndose desde los 64° 00' (límite este de las Salinas de Ambargasta) a los 67° 50' (piedemonte de las Sierras de Valle Fértil) de longitud Oeste, y desde los 28° 20' (S. F. V. de Catamarca) a los 34° 00' (Sur de la Salina del Bebedero) de latitud Sur. Ocupa la porción Sudoeste del Gran Chaco Americano y es su expresión más seca y menos productiva, correspondiendo al 8,7% del total del Gran Chaco Americano. Abarca parte de las provincias de Córdoba, La Rioja, Catamarca, San Luis, San Juan y una pequeña área del suroeste de Santiago del Estero. Está rodeada al oeste por la Provincia Fitogeográfica del Monte, por el Espinal al sureste, por las subregiones del Chaco Semiárido al noroeste y el Chaco Serrano en todas las áreas serranas aledañas (Karlin et al., 2013c).

En general, los límites de esta ecorregión están bien definidos por las montañas circundantes cuyas alturas varían entre los 1000 y 3000 msnm, las que crean una serie de amplias cuencas cerradas. Los cursos de aguas intermitentes y estacionales terminan en derrames arcillosos y salinos. Estos límites suelen ser abruptos, observándose dicho cambio en la vegetación; hay poca superposición de especies con la Provincia Fitogeográfica del Monte, pero presenta especies comunes con otras regiones del Gran Chaco (Karlin et al., 2013c).

De acuerdo a Morello et al. (1985) el clima predominante de la subregión del Chaco Árido es subtropical seco; mesotermal con precipitaciones que oscilan entre los 500 mm en su franja este, y los 300 mm en su límite oeste, con gran variabilidad estacional, anual y plurianual. Otros autores (Capitanelli, 1979; Díaz, 2007) citan como límite oriental de la subregión a la isohieta de 550 mm.

Según Capitanelli (1979) la región pertenece al Dominio semi-desértico, de las planicies del Noroeste, con excesivo déficit de agua, sin invierno térmico. Se presenta en esta región (principalmente en el Valle Central de Catamarca) un centro de baja presión, de origen térmico, de gran importancia en el clima local, alcanzando su máximo desarrollo durante el verano, favoreciendo el ingreso de masas húmedas de aire del noreste, responsables de las precipitaciones durante esta época.

El régimen pluviométrico es marcadamente estival, concentrándose el 70% de las lluvias en los cuatro meses más cálidos (noviembre a febrero). Las lluvias suelen ser torrenciales, de gran intensidad y baja frecuencia, por lo que producen en áreas degradadas, efectos de erosión por efecto del impacto de la gota en el suelo desnudo y por la escorrentía superficial, arrastrando materiales a zonas más bajas de las cuencas.

El verano térmico comienza en octubre y finaliza en marzo. Las temperaturas en verano son elevadas, con una media mensual del mes más cálido (enero) de 26°C. Suelen presentarse 20 a 25 días con temperaturas superiores a los 40°C y máximas absolutas que sobrepasan los 45°C. Gran parte del Chaco Árido forma parte del polo de calor de Sudamérica (Prohaska, 1959). Los inviernos son templados, la temperatura media mensual del mes más frío es aproximadamente de 12° C, aunque siempre hay heladas (5 a 10 días en el año), las cuales comienzan en la segunda semana de mayo y finalizan en agosto. Las oscilaciones térmicas diarias son importantes, siendo común diferencias de 10°C entre el día y la noche.

El índice hídrico (Thornthwaite, 1948) es menor a -20 en toda la región y la evapotranspiración anual es de 1000 a 1200 mm (Díaz y Karlin, 1984). Se produce déficit hídrico durante todo el año, alcanzando valores de hasta -400 mm durante el verano térmico, y de hasta -200 mm en invierno.

Los vientos predominantes son los del N y S, pero existe la ocurrencia de vientos del NE en el área correspondiente al SE de Santiago del Estero, donde las sierras son más bajas (Capitanelli, 1979).

Estas características climáticas generales identifican al Chaco Árido como un Desierto Espinoso, de acuerdo a la clasificación de Holdridge (1947; Figura 1.1).

### **Caracterización climática espacial de la subregión**

En este capítulo se analizan las series históricas climáticas de temperaturas medias del aire ( $T^{\circ}\text{med}$ ) y precipitaciones medias anuales ( $PP_{\text{anual}}$ ) correspondientes a las localidades de S. F. V. Catamarca, La Rioja, Chamental, Chepes, Villa Dolores y San Luis para el período 1931-2011, excepto para Chepes (período 1931-1996). Los valores anuales promedio se calcularon a partir de los datos mensuales, computándolos para los períodos entre Julio-Junio de cada año debido a la estacionalidad estival de las precipitaciones. En base a datos climáticos de las seis localidades analizadas, se obtuvieron los climogramas para cada localidad con datos de temperaturas máximas, medias y mínimas, y precipitaciones, correspondientes al período 1970-2011 (Karlin, 2012; Karlin, 2013a; Figuras 2.1 a 2.6).

De acuerdo a los climogramas, las temperaturas medias anuales para este período varían en forma decreciente de acuerdo a la latitud y altitud con valores medios que van desde  $21,3^{\circ}\text{C}$  en S. F. V. Catamarca a  $17,7^{\circ}\text{C}$  en San Luis (Tabla 2.1). Las temperaturas máximas medias más elevadas pueden encontrarse en La Rioja durante los meses de diciembre, mientras que las temperaturas mínimas medias más bajas corresponden a las localidades de Villa Dolores y San Luis con valores de  $-3,4$  y  $-3,3$  respectivamente durante los meses de julio.

Las mayores amplitudes térmicas estacionales, calculadas como diferencia del promedio de las temperaturas máximas y mínimas medias, pueden encontrarse en Catamarca y Villa Dolores, ambos con  $28,7^{\circ}\text{C}$  de diferencia promedio entre los días más cálidos del verano y más fríos del invierno (Figuras 2.1 y 2.5). Las menores amplitudes térmicas anuales corresponden

a Chepes (Figura 2.4), aunque probablemente se deba a que los datos analizados para esta variable correspondan a un período menor de tiempo (datos disponibles de T° media anual desde enero 1973 a mayo 1991).

Las precipitaciones medias anuales de estas localidades varían en forma decreciente a medida que nos desplazamos hacia el oeste, aunque se aprecia cierta influencia de los cordones montañosos sobre las ciudades asentadas en los piedemontes. De esta forma pueden apreciarse mayores valores de precipitación en las localidades de San Luis y Villa Dolores, los dos con valores superiores a 550 mm anuales. Esto ocurre ya que los últimos 40 años han estado signados por un aumento en las precipitaciones, tal como lo analizaremos en el Capítulo 3. Las localidades ubicadas en el centro de la región (Chamical y Chepes) presentan los valores más bajos de precipitación media anual, mientras que La Rioja y Catamarca, a pesar de encontrarse bajo influencia de las sierras, presentan también bajos valores (Tabla 2.1).

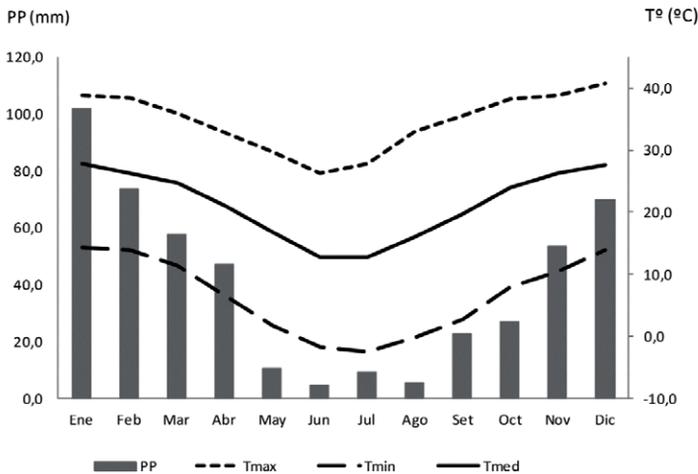


Figura 2.1: Climograma de la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca (aeropuerto), valores promedio período julio 1970 a junio 2011.

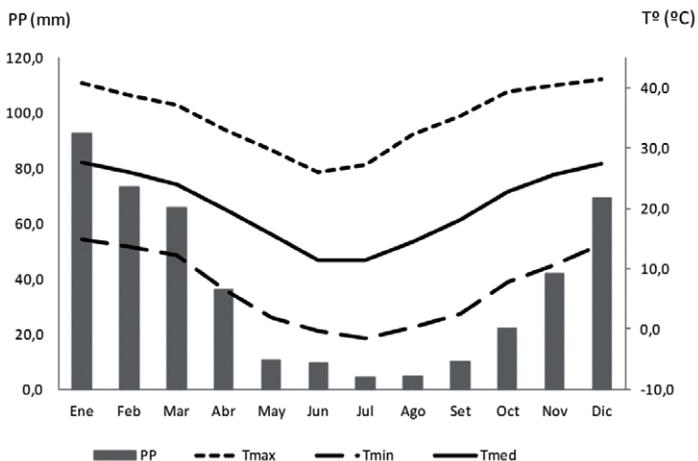


Figura 2.2: Climograma de la Ciudad de La Rioja (aeropuerto), valores promedio período julio 1970 a junio 2011.

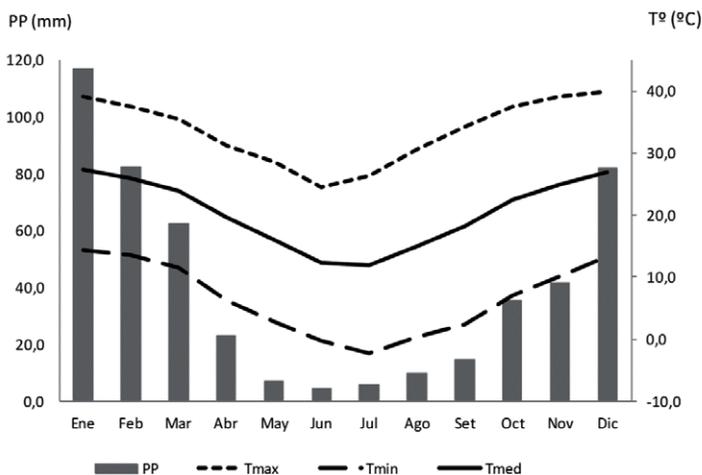


Figura 2.3: Climograma de Chamental (aeropuerto), valores promedio período julio 1970 a junio 2011.

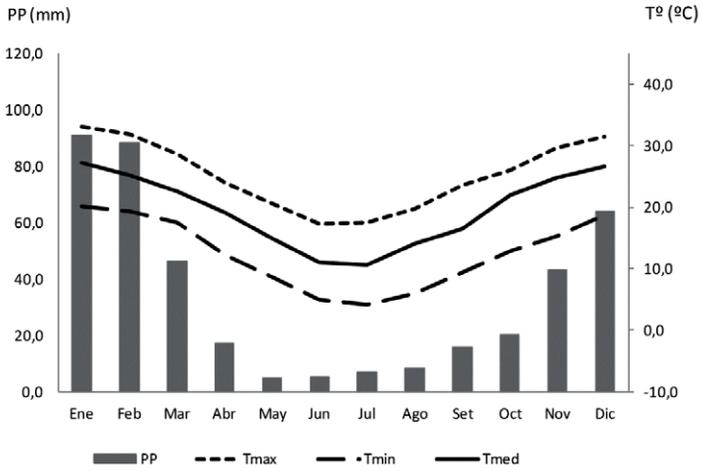


Figura 2.4: Climograma de Chepes, valores promedio período enero 1971 a diciembre 1996.

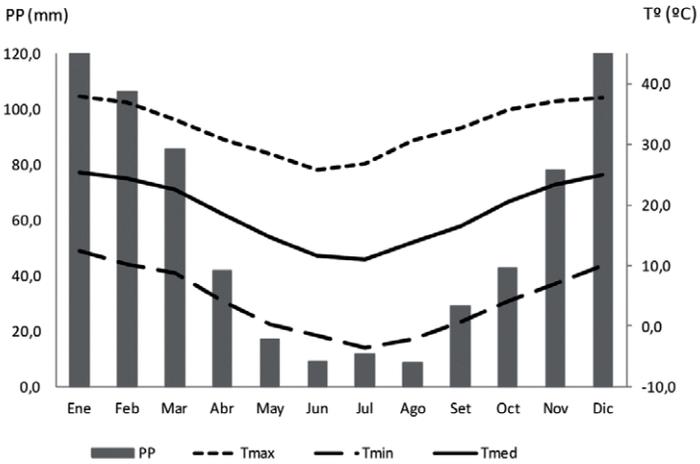


Figura 2.5: Climograma de Villa Dolores (aeropuerto), valores promedio período julio 1970 a junio 2011.

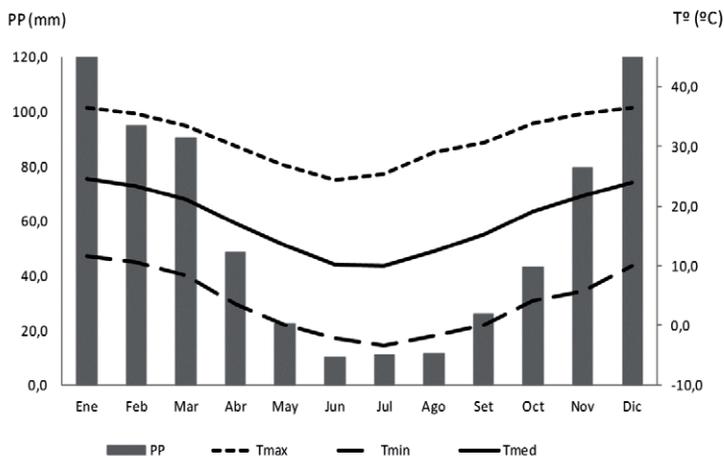


Figura 2.6: Climograma de la Ciudad de San Luis (aeropuerto), valores promedio período julio 1970 a junio 2011.

Tabla 2.1: Datos climáticos promedio históricos de las principales localidades del Chaco Árido.

Localidad	Coordenadas	Altitud (msnm)	T°med (°C) <sup>1</sup>	PPanual (mm) <sup>2</sup>	Incremento PP (%)
<b>S. F. V. Catamarca</b>	W 65°46' S 28°36'	519	20,9 (21,3)	434 (484)	11,5
<b>La Rioja</b>	W 66°49' S 29°23'	498	19,7 (20,3)	381 (441)	15,7
<b>Chamical</b>	W 66°17' S 30°22'	461	20,4 (20,4)	462 (485)	4,98
<b>Chepes</b>	W 66°36' S 31°20'	714	19,0 (19,5)	359 (411)	14,5
<b>Villa Dolores</b>	W 65°08' S 31°57'	525	18,9 (18,9)	657 (673)	2,44
<b>San Luis</b>	W 66°21' S 33°16'	713	17,3 (17,7)	616 (684)	11,0

<sup>1</sup> Catamarca, n=74 (1931-2011); La Rioja, n=70 (1931-2011); Chamical, n=32 (1963-2011); Chepes, n=32 (1931-1996); Villa Dolores, n=34 (1961-2011); San Luis, n=78 (1931-2011). Los valores entre paréntesis corresponden a promedios del período 1970-2011, excepto para Chepes que corresponde al período 1973-1991. Existe una gran proporción de registros faltantes, especialmente en las localidades de Chamical, Chepes y Villa Dolores.

<sup>2</sup> Catamarca, n=80 (1931-2011); La Rioja, n=80 (1931-2011); Chamical, n=47 (1963-2011); Chepes, n=49 (1931-1996); Villa Dolores, n=47 (1961-2011); San Luis, n=80 (1931-2011). Los valores entre paréntesis corresponden a promedios del período 1970-2011, excepto para Chepes que corresponde al período 1970-1996.



# Capítulo 3 Variaciones climáticas en el Chaco Árido

En este capítulo las series de tiempo para los períodos 1931-2011 y 1970-2011 fueron graficadas y analizadas (Karlin, 2012), estableciendo relaciones entre las temperaturas medias, las precipitaciones anuales, y comparando eventos extremos con episodios ENSO históricos (National Weather Service, 2011), utilizando el Índice Oceánico del Niño (ONI; Figura 3.1)<sup>3</sup>. Se calcularon regresiones lineales ( $p < 0,05$ ) para  $T^{\text{med}}$  y  $PP^{\text{anual}}$  en relación a las series, a fin de establecer las tendencias de dichas variables en el tiempo.

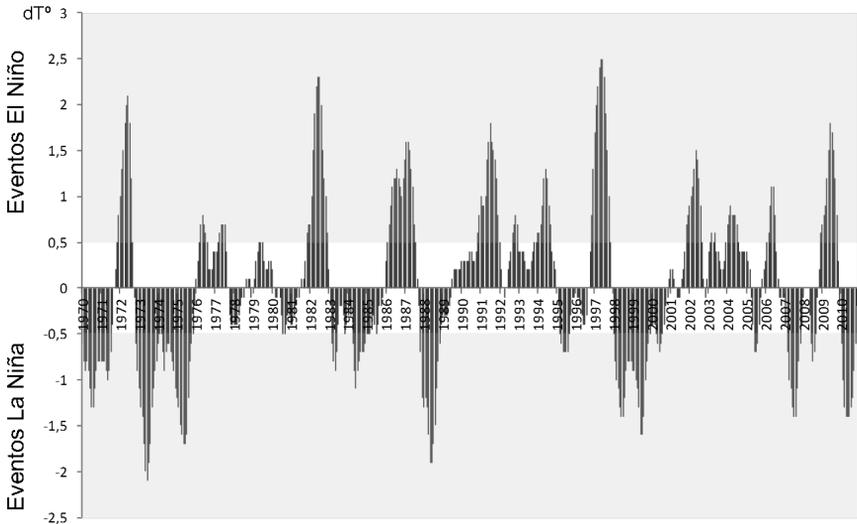


Figura 3.1: Valores trimestrales correlativos del Índice Oceánico del Niño (ONI) en la región 3.4 del Océano Pacífico. En base a datos del National Weather Service (2011).

<sup>3</sup> El ONI es el promedio móvil de tres meses de la anomalía de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) sobre la región Niño 3.4 (área comprendida entre los 175 y 120° de Longitud W, a la altura del Ecuador). La NOAA define la condición El Niño cuando el Índice Oceánico de El Niño (ONI) sobrepasa el valor +0,5°C de la TSM por 3 meses consecutivos, y define un episodio La Niña cuando el ONI sobrepasa -0,5°C de la TSM por 3 meses consecutivos.

Se realizaron análisis de varianza (LSD Fisher,  $p < 0,05$ ) sobre las variables de temperatura y precipitación, a fin de establecer diferencias significativas entre décadas y entre pares de décadas (30'-40', 50'-60', 70'-80' y 90'-00').

Para evaluar puntos de inflexión en los ciclos climáticos se aplicó el Test de Rodionov<sup>4</sup> (2004).

En la Tabla 2.1 se pueden observar los incrementos en las temperaturas medias anuales y las precipitaciones anuales promedio para todas las localidades analizadas.

Puede observarse que los cambios en las temperaturas (series históricas vs. período 1970-2011) son positivos o se mantienen en todas las localidades. Aquellas localidades donde no se aprecian cambios (Chamical y Villa Dolores) son las que no poseen registros históricos extensos, sino que abarcan períodos desde la década del 60' a la actualidad.

Los mayores incrementos sobre las precipitaciones corresponden a La Rioja y Chepes, mientras que las menores corresponden a Chamical y Villa Dolores debido a que las series analizadas para estas últimas abarcan períodos de tiempo menores (1963-2011 y 1961-2011 respectivamente).

De acuerdo a los datos climáticos históricos (1931-2011) recabados de las seis localidades (S. F. V. Catamarca, La Rioja, Chamical, Chepes, Villa Dolores y San Luis), fue posible graficar el comportamiento de las precipitaciones anuales para la subregión del Chaco Árido, y a partir de esto

<sup>4</sup> Calcula la diferencia entre los valores medios de dos regímenes subsecuentes y que sería estadísticamente significativo de acuerdo a un test T-Student:

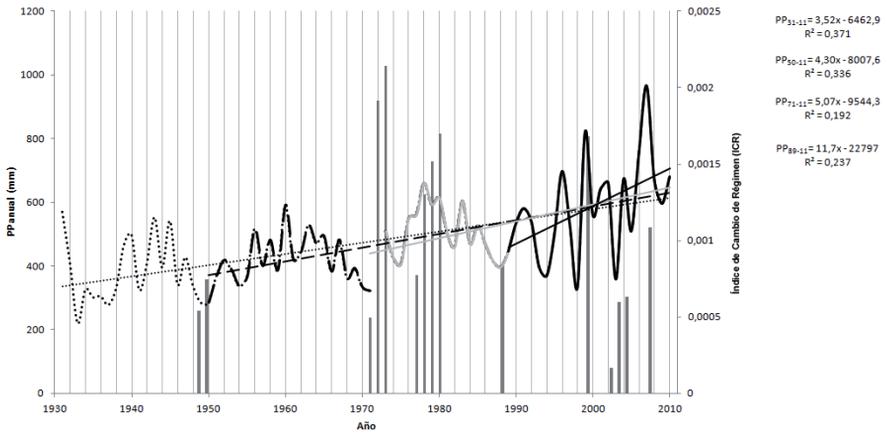
$$diff = t \sqrt{2 \frac{\sigma^2}{l}}$$

donde  $t$  es el valor de la distribución  $t$  (bilateral) con  $2l-2$  grados de libertad a una probabilidad de 0,05. El parámetro  $l$  indica la serie de años correspondientes a un probable cambio de régimen (en este caso de 10 años) y  $\sigma^2$  es la varianza promedio de las oscilaciones de precipitación respecto a la media histórica (474,3 mm) correspondiente a los 80 años analizados. Los valores medios  $\bar{x}_R$  de estas oscilaciones correspondientes a  $l=10$  años se suman y restan a  $diff$  obteniendo  $\bar{x}_{R+}$  y  $\bar{x}_{R-}$  que serán los rangos máximos y mínimos contrastados con cada valor anual, obteniendo  $x_i^+$ . El cálculo final para obtener los Índices de Cambio de Régimen (ICR) es

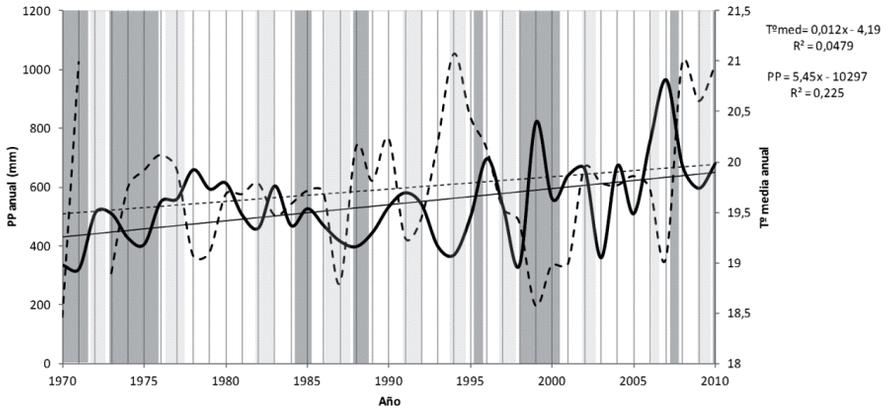
$$ICR_{i,j} = \sum_{i=j}^{j+m} \frac{x_i^+}{l\sigma_l}, m = 0,1, \dots, l-1$$

Un cambio de régimen se determina mediante valores de precipitación anual que excedan los rangos  $\bar{x}_{R+}$  y  $\bar{x}_{R-}$  por dos o más años continuos.

se construyeron las tendencias para los períodos 1931-2011, 1950-2011, 1971-2011 y 1989-2011 (Figura 3.2). Sin embargo, no fue posible hacer lo mismo para las temperaturas medias anuales debido a la irregularidad en la disponibilidad de estos datos, especialmente para el período 1931-1973. Es por esto que se graficaron por separado las series de temperaturas medias y precipitaciones para el período 1970-2011, permitiendo también un análisis más detallado de los últimos 40 años (Figura 3.3).



*Figura 3.2: Precipitaciones anuales promedio de la subregión del Chaco Árido y líneas de tendencia. Línea punteada, período 1931-2011, línea cortada, período 1950-2011; línea continua gris, período 1971-2011; línea continua negra, período 1989-2011. Las barras verticales indican los puntos de inflexión calculados por el Test de Rodionov.*



**Figura 3.3:** Precipitaciones anuales promedio (línea continua) y temperaturas medias anuales (línea discontinua) y tendencias para el período 1970-2011. Bandas gris claro indican episodios El Niño; bandas gris oscuro indican episodios La Niña.

En la Figura 3.2 se observan claramente cuatro ciclos de precipitación con frecuencias de aproximadamente 20 años cada uno. El análisis de la varianza ( $p < 0,05$ ) indica cambios significativos en el régimen de precipitaciones a partir de 1970. Las localidades de Villa Dolores y San Luis contaban con un promedio de precipitaciones hasta 1970 de poco más de 540 mm anuales cada una.

Los resultados del Test de Rodionov también se muestran aquí, observando cambios de régimen crecientes en los años 1949, 1971, 1989, 1999 y 2002, mientras que los años 1977, 1999 y 2007 fueron decrecientes. El cambio más espectacular ocurrió en 1971.

Las máximas correspondientes a cada ciclo se producen en los años 1930-31, 1943-44, 1960-61, 1978-79, 2007-08. El primero y los dos últimos episodios corresponden a eventos Niño, mientras que el resto no estaría relacionado con dicho evento. Las mínimas corresponden a los años 1933-

34, 1950-51, 1971-72, 1988-89, 1998-99; exceptuando el primer evento, el resto corresponde a eventos Niña (Croley, 2000).

Además del comportamiento cíclico de las precipitaciones, puede observarse que las tendencias aumentan su pendiente en forma positiva cuando se comparan en forma bidecadal. Se observaron diferencias significativas entre los períodos 1989-2011, 1970-1989 y 1930-1970, con medias de precipitación para la subregión de 598, 498 y 403 mm anuales respectivamente.

La variación general en precipitaciones para la región, comparando la media de la década del 30' (370 mm) con la década del 00' (651 mm) es de 76%, es decir los incrementos promedio decadales de precipitación llegan casi al 10%. Las pendientes obtenidas de las regresiones lineales son de 3,52, 4,30, 5,07 y 11,7 para los períodos 31'-11', 50'-11', 71'-11' y 89'-11' respectivamente (Figura 3.2).

Respecto a las temperaturas medias, se aprecian diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0,05$ ) entre los períodos 30'-60' y 70'-00', con aumento en las temperaturas medias en los últimos 40 años. Los incrementos medios de la temperatura desde la década del 30' (18,3°C) a la década del 00' (20,0°C) corresponden al 9,3% de variación (+1,7°C). Las variaciones en los últimos 30 años corresponden a una diferencia de +0,25°C, menor a la variación media mundial para el mismo período de +0,60°C (IPCC, 2007).

Los coeficientes de variación para  $T^{\circ}\text{med}$  y  $PP_{\text{anual}}$  son mayores en los pares de décadas 30'-40' y 90'-00', con valores de 8,07 y 8,20% para  $T^{\circ}\text{med}$ , y 42,9 y 43,2% para  $PP_{\text{anual}}$  respectivamente; mientras que los valores para 50'-60' y 70'-80' son de 7,65 y 6,73% para  $T^{\circ}\text{med}$ , y 31,8 y 32,5% para  $PP_{\text{anual}}$  respectivamente.

La regresión lineal entre  $T^{\circ}\text{med}$  y  $PP_{\text{med}}$  anuales resulta en un  $R^2=0,18$  ( $p < 0,05$ ), mientras que las regresiones de ambas variables con la variable ONI no arrojaron valores de  $R^2$  consistentes ( $p < 0,05$ ). Debido a las variaciones estacionales de las precipitaciones se realizó una regresión no

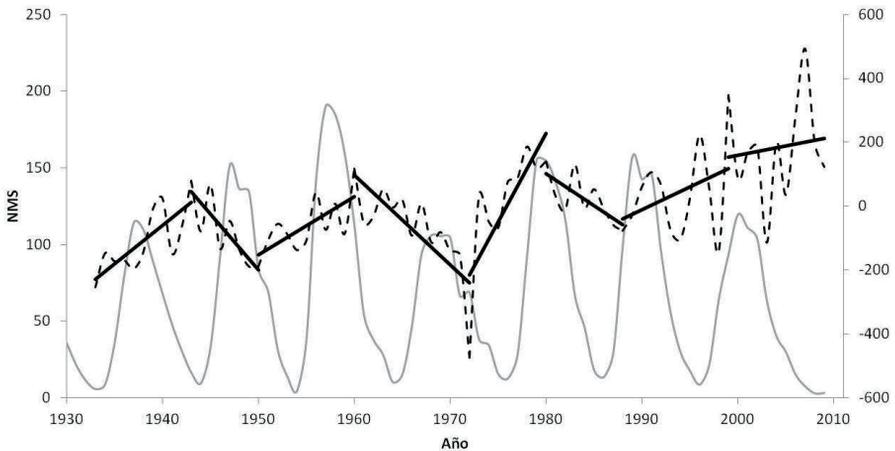
lineal entre las precipitaciones y las temperaturas medias mensuales del ciclo 1930-2011, obteniendo la regresión  $PP_{\text{mensual}} = 0,670 \cdot e^{0,1768T}$  con un  $R^2=0,56$  ( $p<0,05$ ), aunque gran parte del ajuste se debe a las variaciones estacionales de temperatura y precipitaciones, ambas relacionadas directamente como consecuencia del régimen estival de las lluvias.

Es de destacar también cierta relación entre los ciclos de precipitaciones bidecadales y el mencionado Ciclo de Schwabe/Hale, donde podría haber alguna relación entre los ciclos de 22 años y las precipitaciones. Los valores máximos y mínimos de precipitaciones observados en la Figura 3.2 mantienen cierta relación con los máximos en el número de manchas solares. Si bien las relaciones directas entre las variaciones de precipitación respecto a la media histórica (VarPP) y el número de manchas solares (NMS) presenta una baja correlación, las tendencias aplicadas por década, en función a los resultados del Test de Rodionov permiten eliminar el ruido de otras variables que afectan las precipitaciones ajustando mejor las relaciones entre ambas variables. La relación directa entre NMS y VarPP se observa en la Figura 3.4.

Puede verse en esta Figura que los picos de NMS coinciden con los puntos de inflexión en los ciclos de precipitaciones, tal como encontraron De La Casa y Nasello (2012) para la región central de la Provincia de Córdoba. Estos autores encontraron puntos de inflexión similares, lo que indicaría que las causas de ocurrencia de precipitaciones estarían relacionadas para ambas regiones vecinas (aunque separadas por las Sierras de Córdoba y San Luis). Dependiendo de la polaridad de las manchas solares, aparentemente el ingreso de rayos cósmicos es efectivo o no. Una polaridad con orientación norte (N) promovería pendientes positivas en las tendencias de ocurrencia de precipitaciones y viceversa. Los máximos en el NMS correspondientes a las décadas del 40', 60', 80' y 00' corresponderían a polaridad N, mientras que los máximos ocurridos en las décadas del 50', 70', 90' y 10' tendrían polaridad sur (S), promoviendo tendencias negativas en las

precipitaciones. Esto podría ser cierto, aunque debe estudiarse que ocurre en la última década, la cual si bien sigue manteniendo tendencia positiva, la pendiente es menor a la tendencia de la década anterior. Además debe considerarse lo discutido anteriormente respecto a la tendencia general en el aumento de las precipitaciones en la ecorregión del Chaco Árido.

La polaridad N promovería el ingreso de rayos cósmicos a la atmósfera, formando núcleos de condensación de nubes, tal como citan Svensmark, (2000), Svensmark et al (2007) y Enghoff y Svensmark (2008).



*Figura 3.4: Variaciones de los ciclos de precipitaciones medias anuales (línea cortada), sus tendencias (líneas rectas) y los ciclos de Schwabe/Hale (línea gris) en el tiempo (período 1930-2009). Los datos de NMS se obtuvieron de NASA: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>.*

Los resultados mostrados en la Tabla 2.1 y la Figura 3.2 evidencian cambios en las precipitaciones, las cuales si bien presentan un comportamiento cíclico de acuerdo a lo obtenido mediante el Test de Rodionov, las tendencias son crecientes hasta el momento. El análisis realizado sobre las temperaturas medias anuales también muestran tendencias crecientes, especialmente posteriormente a la década del 70'. Las tasas crecientes de precipitaciones y

temperaturas manifiestan tendencias cada vez más variables en el tiempo de acuerdo a los coeficientes de variación decadales calculados, tal como lo hubiera pronosticado el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001 y 2007).

La Figura 3.3 muestra las variaciones de precipitación y temperatura para el período comprendido entre 1970 y 2011, observando que las pendientes en las tendencias de cada una de las variables (PP<sub>anual</sub> y T<sup>o</sup><sub>med</sub>) son positivas. Sin embargo, puede observarse que ambas variables se encuentran inversamente relacionadas, coincidiendo con Rusticucci y Penalba (2000), quienes establecen relaciones inversas entre las temperaturas estivales y la ocurrencia de precipitaciones en el noroeste de la República Argentina, es decir veranos con temperaturas por debajo del promedio histórico coinciden con veranos más lluviosos y viceversa. Este fenómeno se produciría como consecuencia del avance de frentes fríos del sur, disminuyendo la temperatura del aire y provocando mayor condensación de la humedad atmosférica (Rusticucci y Penalba, 2000).

A pesar de este fenómeno, las regresiones lineales entre T<sup>o</sup><sub>med</sub> y PP<sub>anual</sub> no ajustan de forma importante ( $R^2=0,18$ ;  $p<0,05$ ). Dicho valor de correlación indicaría que otras variables además de las temperaturas medias serían las responsables de la cantidad de precipitación; además de la posible interacción entre la polaridad de las manchas solares y las precipitaciones, seguramente existe alguna influencia de la Alta Boliviana y la Corriente en Chorro de Niveles Bajos (Burgoa Mariaca, 2008).

El efecto del viento geostrófico y los cambios en la ubicación de los centros de alta y baja presión en esta subregión, en el Atlántico Sur y Pacífico Sur (Agosta y Compagnucci, 2006) explicarían parte de las variaciones en las temperaturas medias anuales y las precipitaciones. Según estos autores, posteriormente a 1977, los veranos húmedos estarían favorecidos por la ocurrencia de un centro anticiclónico en la tropósfera baja de la región subtropical del este de Sudamérica y un centro ciclónico en el Pacífico Sur, lo

que reforzaría el gradiente del viento geostrófico, generando una anomalía de humedad positiva sobre la subregión del Chaco Árido. En contrapartida, los veranos secos estarían propiciados por un centro ciclónico al este de la región subtropical del Atlántico y un centro anticiclónico en el Pacífico Sur, debilitando el anticiclón del Atlántico Sur y reduciendo el ingreso de masas frías desde este sector.

Otra causa de la variación de las temperaturas y precipitaciones puede deberse a eventos ENSO. Muchas de las anomalías climáticas observadas coinciden con estos eventos (Figura 3.3), aunque su influencia sobre el clima local todavía no está del todo clara. Períodos de bajas temperaturas medias y altas precipitaciones anuales estarían relacionadas a eventos El Niño, mientras que períodos de altas temperaturas medias y bajas precipitaciones anuales se relacionarían a eventos La Niña (Fernández Long et al., 2008). Aunque curiosamente, el año más cálido de la serie (1994-1995), de baja ocurrencia de precipitaciones, coincide con un evento El Niño (National Weather Service, 2011).

La intensidad de los eventos poco tiene que ver con la intensidad de las anomalías climáticas en la subregión. Los eventos El Niño más intensos correspondieron a los años 1982-83 y 1997-98, de acuerdo a al Índice Océanico del Niño (ONI) (National Weather Service, 2011), aunque no se aprecian correlaciones claras sobre las variables de temperatura y precipitación en la subregión ( $p < 0,05$ ), coincidiendo con los resultados obtenidos por Compagnucci y Agosta (2008).

Podría especularse que los eventos El Niño son cada vez más frecuentes, mientras que los eventos La Niña son menos frecuentes, tal como lo pronosticara el IPCC (2001), aunque dichas tendencias no están aún claras. De ser así, y observando cierta relación entre estos eventos y el clima de la subregión, es posible que las precipitaciones tiendan a aumentar en el futuro.



## Capítulo 4 (Re) definición de los límites del Chaco Árido

La delimitación clásica del Chaco Árido (Karlin et al., 1994; Karlin et al., 1992) está dada por la ubicación de las isohietas de 500 mm al este y 250-300 mm al oeste, aunque los cambios en las precipitaciones de los últimos años (Capítulos 2 y 3) indican valores medios de entre 550 y 650 mm en localidades ubicadas al sureste de la ecorregión (Villa Dolores y ciudad de San Luis respectivamente). Estos cambios y las grandes variaciones en la pluviometría debieran tenerse en cuenta al momento de definir límites geográficos y, en consecuencia, las políticas de desarrollo y conservación.

De acuerdo a esto último existen, sin embargo, áreas cuya inclusión dentro de la región está en duda y que corresponden a zonas ecotonales, donde es posible encontrar elementos del Chaco Árido, aunque mezclados con otras ecorregiones:

1. Zona del sureste de Catamarca, limítrofe con Santiago del Estero. El área entre las localidades de Recreo y Frías es un área de transición, donde domina el quebracho blanco, pero las precipitaciones promedio han corrido las isohietas hacia el suroeste, superando en los últimos 20 años los 500 mm de lluvia.
2. Igualmente ocurre hacia el suroeste de Santiago del Estero, donde los promedios en las precipitaciones han aumentado, aunque son mucho más erráticas que en años anteriores. Aparecen consecuentemente especies típicas del Chaco Semiárido tales como el quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) que dificultan la definición de límites en esta zona.

Karlin et al. (2013c) establecen como límite arbitrario el límite este de las Salinas de Ambargasta, aunque otros lo definen en las Salinas de San Bernardo, situadas entre Recreo y el paraje de La Suerte (Sgo. del Estero).

3. Zona del Valle de Conlara, ubicado entre las Sierras de Comechingones y las Sierras de San Luis. El avance de la agricultura como consecuencia del aumento de las precipitaciones y la aplicación de técnicas de conservación de agua del suelo en esta zona han borrado los bosques originales de quebracho blanco, dejando relictos o parches de vegetación donde se fusionan elementos del Chaco Árido, el Chaco Serrano y el Espinal, con lo cual no es posible definir límites estrictos. El criterio de selección de esta área como integrante del Chaco Árido es la presencia de *Prosopis flexuosa* en los bosques remanentes, tal como lo observan también Anderson et al. (1970), aunque se han observado individuos de *Prosopis caldenia*, característicos del Espinal Distrito Caldenal, y especies características de las sierras. Otro aspecto que dificulta la delimitación es el tipo de suelos presentes en esta zona, correspondientes a Ustortentes típicos y líticos; esto último significa que los suelos son poco desarrollados (Entisoles) y que el régimen hídrico de los suelos es más húmedo que en el resto de los suelos encontrados en el Chaco Árido (partícula formativa "Ust"), y también indica influencia de las sierras por la presencia de roca madre cerca de la superficie ("lítico"). En este libro hemos tomado como límite los pedemontes de ambas Sierras y los alrededores del Embalse San Felipe, áreas por debajo de los 850 msnm, límite establecido por Anderson et al. (1970) para diferenciar la vegetación del Chaco Árido del Serrano. Sin embargo, algunos toman como límite la localidad de Villa Dolores (Córdoba) y la Ruta Nacional N°20 que une esta localidad con Quines (San Luis).
4. Otra zona difusa dentro de la ecorregión son las Sierras de los Llanos, Malanzán, Chepes y de Las Minas, cuyas alturas máximas no superan los 1600 msnm. A pesar de sobrepasar los 850 msnm, las áreas elevadas y con influencia serrana son reducidas y gran parte mantiene la vegetación característica del Chaco Árido. Posiblemente aumentos

- en las temperaturas medias anuales provoquen un corrimiento en las zonas de influencia de las especies serranas, siendo reemplazadas en parte por especies características del Chaco Árido.
5. Zona suroeste de la ciudad de San Luis hacia el Río Desaguadero, en el límite político con Mendoza, donde aumenta la frecuencia de *Larrea cuneifolia* (jarilla macho), *Zuccagnia punctata* (pus pus) y *Bougainvillea spinosa* en el ecotono con la Provincia Fitogeográfica del Monte (Anderson et al., 1970), y se reduce la de *Aspidosperma quebracho-blanco*, hasta desaparecer completamente al cruzar el río, como consecuencia de la reducción de las precipitaciones y el aumento de la salinidad del suelo. El límite establecido aquí es el mencionado río hacia el suroeste de San Luis y las estribaciones de las Sierras del Gigante y Las Quijadas.
  6. El límite oeste desde el norte de la sierras de Las Quijadas, las Salinas de Mascasín y hasta el río Paganzo es un ecotono con el Monte. Así, al oeste de la Salina de Mascasín, predominan especies del monte, pero con cierta presencia de quebracho blanco. Incluso se encuentran bosques de quebracho blanco en la zona de Marayes (Región Fitogeográfica del Monte), con precipitaciones históricas menores a 200 mm. Tal es así que los pobladores denominan “El Quebrachal” (Figura 4.1) a uno de dichos bosques (Karlin, U., com. pers.). También se han observado individuos aislados y de porte bajo en la Reserva Natural El Chiflón, aledaña al Parque Nacional Talampaya.



*Figura 4.1: Quebrachal de 40.000 has en Marayes (San Juan) con precipitaciones de tan sólo 200 mm anuales. © U. Karlin.*

La conjunción de las variables clima y suelo (asociado a las variables de contenido de agua y sales solubles), las que condicionan la vegetación, son criterios importantes que pueden usarse de acuerdo a los objetivos perseguidos en cualquier investigación o diagnóstico, teniendo en cuenta que estos deben ser actualizados periódicamente en función a los cambios que pudieran ocurrir de acuerdo al panorama de los grandes cambios climáticos y los consecuentes cambios en la dinámica de los ambientes, acompañados por cambios en el uso de la tierra.

Un criterio práctico es la definición de la ausencia o presencia de ciertas especies leñosas, como es la falta del quebracho colorado santiagueño como consecuencia de las precipitaciones y de especies orófilas como el orco

quebracho (*Schinopsis marginata*), manzano del campo (*Ruprechtia apetala*), entre otras, como consecuencia de la temperatura y tipo de suelo. Una constante en todo el Chaco Árido, es la presencia del quebracho blanco, el que puede encontrarse solamente aislado y de bajo porte en sitios puntuales del Monte, y en zonas de transición con el Espinal.



## **Capítulo 5 Cambio climático y recursos naturales**

Clima, suelo, planta y hombre están íntimamente relacionados a través de retroalimentaciones positivas o negativas por los flujos del sistema. En este Capítulo se analizan las relaciones básicas entre el clima, suelo, agua y vegetación y en base a esas relaciones se intenta predecir qué tipos de cambios pueden ocurrir frente al nuevo paradigma del calentamiento global.

### **Geomorfología y suelos**

#### *Pedogénesis*

En la región del Chaco Árido los límites orográficos son bastante nítidos, y encierran un sistema de cuencas arreicas.

Los suelos del Chaco Árido se caracterizan en general a ser poco desarrollados debido a que las escasas precipitaciones no influyen de forma importante en los procesos edafogenéticos. Los materiales originarios son de tipo loésicos, depositados durante el holoceno (cuaternario). Exceptuando algunos suelos de áreas salinas y barreales, correspondientes a zonas bajas, los perfiles son simples, correspondiendo a suelos esqueléticos, con drenaje excesivo de agua, con contenido variable de materia orgánica, dependiendo si es suelo desnudo o se encuentra protegido por vegetación leñosa, con presencia de tosca o carbonatos cercanos a la superficie.

La gran mayoría de los suelos del Chaco Árido corresponden, de acuerdo al Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2010) a entisoles, con escasa participación de aridisoles en zonas bajas y molisoles en suelos que limitan con el Chaco Semiárido.

Los suelos de piedemonte son suelos sueltos, permeables franco arenosos de arenas gruesas, los cuales debido a esto, a las elevadas pendientes y a la presencia de mantillo de carácter hidrofóbico en superficie, receptan poca agua. Las pendientes, la granulometría y el mal manejo de estos suelos las

hacen susceptibles a erosión hídrica, para lo cual es necesario sistematizar pendientes y mantener una buena cobertura del bosque.

En las llanuras, planicies y valles intermontanos predominan los suelos francos de estructura granular, existiendo grandes diferencias con suelos de dunas, salinas y barreales. Estas llanuras son destinadas generalmente a uso pastoril y forestal, ya que los ríos efímeros provenientes de las sierras suelen perderse en su trayecto hacia el centro de la llanura, por lo que es muy difícil conseguir agua para riego. Si bien estos suelos almacenan más agua que suelos de áreas pedemontanas, es necesario manejarlos con cobertura para reducir la evaporación.

Las dunas, que pueden encontrarse en campos dunarios hacia el sur de la zona de los barreales y de las planicies eólicas del Valle de Catamarca, o como bordos intercalados en zonas de barreales y salinas, de origen eólico, son arenosos francos a franco arenosos (finos), formados por efecto de deflación. Estos suelos son extremadamente permeables y muy susceptibles a erosión si no se encuentran fijados por la vegetación nativa. Estos suelos forman parches de vegetación muy interesantes desde el punto de vista de la biodiversidad ya que la variación topográfica hace que se instalen diferentes especies de potencialidad variable, sobre todo cuando las dunas se encuentran intercaladas sobre áreas salinas (Karlin et al., 2009). En áreas de barreales y salinas, estos bordos son los que encausan el agua de la microcuenca, siendo importante tener esto en cuenta para la correcta ubicación de aguadas.

Estos campos dunarios han sido formados, según Sayago (1981), durante épocas pasadas más áridas, cambiando permanentemente de forma por la influencia de los vientos dominantes y por erosión hídrica, habiendo sido vegetadas en épocas recientes más húmedas. Los materiales de depósito tienen origen en procesos de deflación de salinas y barreales, de la acción eólica sobre areniscas terciarias, arrastre de materiales más gruesos por erosión hídrica de laderas formando conos aluviales y cauces pluviales.

Los suelos de áreas salinas y barreales presentan la característica de que se forman por deposición de materiales de diferente granulometría dependiendo el origen de los mismos y el clima. La deflación de estas geoformas está condicionada por el nivel dinámico de la freática superior, por lo cual la erosión es más intensa frente a napas deprimidas luego de períodos largos de sequía. Ambos se caracterizan por presentar discontinuidades litológicas con capas de granulometría más fina en superficie y más arenosas en profundidad, repitiéndose la secuencia de acuerdo a los procesos geomorfológicos ocurridos en épocas anteriores. Así, las capas arenosas pueden haber sido depositadas en épocas más secas por efecto eólico, habiendo sido posiblemente antiguos campos dunarios. Con la ocurrencia de épocas más húmedas, tales como la actual, los materiales depositados predominantes son más finos, limosos y arcillosos (Karlin, 2013d). El contenido de sales acumuladas define si la cuenca que se forma es salina o poco salina (barreales), evidenciándose en la forma de los polígonos formados. En suelos salinos estos tienden a levantar sus bordes por el efecto de cristalización de las sales, mientras que en suelos de barreales, los polígonos son convexos (Gutierrez Elorza, 2008).

En salinas es posible encontrar manchones de vegetación halófila, mientras que en barreales la vegetación es prácticamente inexistente (exceptuando algunas especies como rodajillo o mastuerzo) condicionados por la estructura laminar y la escasa permeabilidad del suelo. Esto hace que frente a épocas de lluvia se anegue completamente y actúe como aguadas naturales de corta duración.

### *Carbono orgánico*

El contenido de carbono en los suelos del Chaco Árido es extremadamente variable. Se han encontrado valores de C de suelo de entre 0,5 (zonas sobrepastoreadas y salinas) y 3% (bosques de tipo "clímax" y pastizales de condición excelente –más de 2000 Kg MS/ha-), dependiendo de la condición

del bosque y las características del suelo (Bachmeier y Buffa, 1992; Callela y Corzo, 2006; Cora, 2009). Estos contenidos de C representan entre 12 y 72 Tn C/ha en los primeros 20 cm de suelo, con tasas (teóricas) de acumulación de entre 0,019 a 0,125 Tn C/ha/año, considerando sólo el aporte por biomasa de pasto<sup>5</sup>, el cual comparado con las 0,02 y 0,80 Tn C/ha/año<sup>6</sup> obtenidas por la fijación de carbono de la parte aérea del componente forestal por fotosíntesis, la primera representa una importante fracción de carbono que es retenido en el sistema, y que debiera ser considerado en los mecanismos de Reducción de Emisiones causadas por Deforestación y Degradación del bosque (REDD). En estas estimaciones de C del suelo faltan los aportes de raíces y de hojarasca de arbustos y árboles, los cuales son muy importantes pero de difícil cuantificación sus tasas de aporte anual. Asimismo, el espesor considerado representaría sólo el 60% del total de carbono almacenado en todo el perfil del suelo.

La materia orgánica del suelo se mineraliza rápidamente debido a las altas temperaturas que actúan con el agua de lluvia en la época estival, generando un “pico de fertilidad” cuando se produce desmonte, para luego declinar precipitadamente a valores menores que los iniciales, perdiendo el suelo la capacidad estructurante y aumentando el riesgo de erosión.

Las tasas de mineralización y la liberación de nitratos son muy variables, no sólo por el tipo de materia orgánica, sino que también depende de la época considerada y el manejo forestal. Las tasas de mineralización son menores durante la época seca, por la menor disponibilidad de humedad para los microorganismos y las menores temperaturas medias. Oliva et al. (1993) mencionan diferencias en ambas variables dependiendo si se mide bajo o

---

<sup>5</sup> El primer valor se calculó en base a una condición pobre de pastizal (300 kg/ha) y el segundo en base a una de condición excelente (2000 kg/ha). Considerando un 50% de C en los tejidos se obtienen 150 y 1000 kg de C/ha respectivamente, del cual, con un factor de uso de pastoreo del 50%, da 75 y 500 kg de C aportados al suelo. Este carbono es utilizado en una proporción 75:25 por los microorganismos para respiración y para cuerpos microbianos, por lo que el C efectivamente fijado es de 19 y 125 kg C/ha/año.

<sup>6</sup> En base a productividades de entre 0,05 (bosque maduro) y 2 m<sup>3</sup>/ha/año (bosque de *Prosopis* en etapa de máxima productividad), densidad media de madera de 0,8 Tn/m<sup>3</sup> y 50% de C.

fuera del árbol, tipo de árbol y de si se trata de un desmonte selectivo (40% de cobertura) o sitio sin desmonte. Los valores más elevados de nitrógeno de nitratos corresponden a sitios bajo *Aspidosperma quebracho-blanco* en sistemas de desmonte selectivo, seguido de la misma situación pero bajo *Prosopis flexuosa*. Los valores se invierten para ambas especies en zonas sin desmonte. Fuera de la copa de los árboles, los contenidos de nitratos son menores a los de la situación bajo árbol, pero sin diferencias entre los tratamientos. Esto implica que bajo desmonte selectivo, las pasturas que se encuentran bajo los árboles poseen mayor disponibilidad de nitrógeno, lo cual sumado a un mayor contenido hídrico bajo árbol, permite una mayor productividad forrajera.

A pesar de que bajo quebracho blanco en desmonte el contenido de nitrógeno soluble es mayor, la inmovilización (Oliva et al., 1993) también es alta quizás debido a una mayor relación C/N de los tejidos depositados por esta especie. La mayor mineralización se produce por una mayor incidencia de la luz solar al abrir el monte. Por otro lado, la mayor inmovilización evita pérdidas de nitrógeno por lixiviación, ya que están retenidas por los microorganismos y es liberado en la próxima estación húmeda (Oliva et al., 1993). Debido a la alta permeabilidad de algunos de los suelos del Chaco Árido, los nitratos liberados en la mineralización pueden perderse junto al agua de lluvia, si no son captados inmediatamente por la vegetación presente.

El balance del carbono en este tipo de sistemas no está del todo claro. Frente a las actuales tendencias crecientes de temperatura y precipitaciones, las tasas de mineralización serían mayores acelerando el ciclado de nutrientes y las pérdidas, especialmente de nutrientes de alta movilidad como el nitrógeno y el azufre. Sin embargo, el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico actuaría como “fertilizante” aumentando las tasas de fotosíntesis, y en consecuencia la cantidad de residuos vegetales. También promovería un aumento en la relación C/N de los tejidos (Farage et al., 2007), por lo que

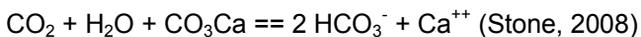
su incorporación al suelo facilitarían los procesos de inmovilización de N y un aumento en la biomasa microbiana. La promoción del crecimiento de pasturas permitiría reducir las pérdidas de estos nutrientes al ser captados luego de la liberación por parte del lisado de microorganismos.

### *Carbono inorgánico*

El material originario de los suelos locales es rico en carbonatos. La profundidad de los carbonatos es variable; a medida que descendemos desde las bajadas hacia los llanos, la profundidad de los carbonatos aumenta, aproximadamente desde los 35 cm hasta profundidades promedio de 60 cm (Callella y Corzo, 2006), en relación a la capacidad de absorción de agua por el suelo y el drenaje. En zonas de salinas y barreales los carbonatos se encuentran a nivel superficial debido al ascenso capilar del agua y la reprecipitación de los carbonatos. En estos casos es posible encontrar reacción al ácido clorhídrico a partir de los 5 cm de profundidad (Karlín y Buffa, 2010; Callella y Corzo, 2006) y evidencias de nódulos.

El aumento en las precipitaciones no necesariamente promovería una mayor profundización de estos carbonatos por efecto de la solubilización ya que esto depende de la capacidad de infiltración de los suelos, muchas veces compactados por la falta de especies gramíneas y el gran pisoteo provocado por el ganado. Sí podría esperarse mayor profundización en médanos dependiendo de la distancia a la freática.

Es de destacar que avances en la ciencia del suelo, cambio climático y fisiología vegetal en áreas desérticas, muestran que en suelos con pH relativamente elevados (entre 7,3 y 8,5) podrían ser responsables de una importante fijación de carbono atmosférico (comparable con cantidades de carbono fijado en un bosque) como carbonatos de la siguiente forma:



lo cual podría ser interesante de evaluar en el marco de estudios sobre cambio climático, sobre todo en zonas salinas. Suelos con buena cobertura

vegetal, cuyas raíces producen altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  favorecen el proceso de disolución de los carbonatos, mientras que el agua lixivia (siempre y cuando la permeabilidad del suelo sea alta) los bicarbonatos a mayores profundidades donde la concentración de metales alcalinotérreos es alta, revirtiendo el proceso. Sin embargo esta fijación debe considerarse en el largo plazo debido a la lentitud del proceso.

En zonas salinas, un ascenso de la freática rica en  $\text{Ca}^{++}$  o  $\text{Mg}^{++}$  reprecipita los bicarbonatos en la superficie. Se han obtenido valores en Salinas Grandes de hasta 5% de carbonatos secundarios (Karlin, 2013d), el cual representa el 0,6% de carbono.

Zonas convertidas a la agricultura donde se usan fertilizantes amoniacales y azufrados promueven la liberación de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera por efecto de hidrólisis. Prácticas como uso de aguas poco cálcicas, con altas concentraciones de  $\text{CO}_2$ , y aplicación de nitratos favorecen la fijación de carbono inorgánico (Suarez, 2006).

Suelos erosionados pueden dejar expuestos los carbonatos del suelo pudiendo liberar  $\text{CO}_2$  a la atmósfera (Farage et al., 2007).

### *Salinidad*

Las bajas precipitaciones impiden que las sales del suelo se laven, por lo que existe un tenor significativo de estos elementos, a tener en cuenta en sistemas que se destinen a la implantación de especies cultivables, y en relación a la calidad del agua de riego.

Los suelos de zonas boscosas presentan bajos tenores de sales solubles en los horizontes A, donde son lavadas a estratos inferiores. Suelos poco degradados presentan conductividades menores a 4 dS/m (1:1) en estos horizontes, con valores promedio de 2 dS/m (1:1). Sin embargo áreas degradadas por sobrepastoreo o por fuego alcanzan valores 3 a 4 veces mayores por reducción en la conductividad hidráulica del suelo (Karlin et al., 2011).

En horizontes subsuperficiales la salinidad aumenta considerablemente, aunque la profundidad de acumulación depende de la cantidad de precipitaciones, la permeabilidad del suelo, la presencia de napas cercanas a superficie y la salinidad del agua de las napas.

Las áreas salinas presentan conductividades eléctricas extremadamente altas, acumulándose las sales en superficie, evidenciado por la presencia de capas blancas de sal. El ascenso capilar del agua produce una disposición estratificada de sales, dependiendo de su solubilidad. En superficie se acumulan sales cloruradas, más solubles, seguidos de sulfatos y luego carbonatos secundarios. La profundidad a las napas es escasa, siendo variable en relación a la recarga por precipitaciones. En áreas de pampa salina la profundidad máxima de las napas calculada es de 6 m, llegando a nivel superficial en época de lluvias y permaneciendo días o semanas.

Los valores de conductividad eléctrica son extremadamente variables, con valores en áreas de pampa salina que van desde los 30 a los 80 dS/m en los primeros 20 cm de suelo (Karlin y Buffa, 2010). Evidentemente estos valores superan las tolerancias máximas de la mayoría de las especies, pudiendo desarrollarse únicamente especies halófitas tales como los jumes (*Allenrolfea spp.*, *Heterostachys ritteriana*) y sarcocornias (*Sarcocornia spp.*). Generalmente la instalación de estas especies depende inicialmente de la presencia de algún sustrato que aisle el propágulo del contacto directo con las sales, tal como una fina capa de arena o deyecciones de animales.

Evidentemente la capacidad de acumulación de C en suelos salinos está supeditada a la eficiencia fotosintética de las especies halófilas, la cobertura del suelo y su aporte por liberación de material vegetal. Bajo estas condiciones, no sólo la cantidad de carbono es baja, sino que la tasa de mineralización, actividad microbiana y respiración basal del suelo disminuye con un aumento en la salinidad del suelo. Asimismo, el cociente metabólico de los microorganismos (relación  $\text{CO}_2/\text{C}$  de biomasa microbiana) aumenta con la salinidad por un mayor stress ambiental sufrido por los

microorganismos, lo que los hace menos eficientes en la transformación de la materia orgánica (Yuan et al., 2007). Desde el punto de vista de acumulación de C en el suelo esto es considerado como una retroalimentación negativa ya que se reduce la tasa de liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Aumentos en los regímenes de precipitación podrían aumentar la cobertura vegetal del suelo por una reducción en la concentración salina y por acumulación de sedimentos de grano grueso (Karlin et al., 2011) favoreciendo la germinación y desarrollo radicular de algunas especies (Figura 5.1).



*Figura 5.1: Desarrollo de especies vegetales y costras biológicas sobre un microbordo en Salinas Grandes (Catamarca). © M. Karlin.*

## **Hidrología**

Las planicies del Chaco Árido se caracterizan por la pobreza de sus aguas superficiales y por la mala calidad de sus aguas subsuperficiales, ya sea para consumo humano o para la actividad agropecuaria. Las escasas precipitaciones efectivas, principalmente en temporadas extraestivales, la excesiva evapotranspiración, la permeabilidad de los suelos y el mal uso del recurso agua, hacen necesario un cuidado especial de este recurso vital para la supervivencia de las poblaciones locales.

La red hidrológica superficial de la región tiene como base la captación de aguas en zonas montañosas, las cuales son arrastradas por escorrentía superficial a áreas bajas de esta extensa cuenca arreica y cuencas endorreicas salinas.

El Chaco Árido puede ser analizado utilizando el concepto de cuenca. Se la puede sectorizar de la siguiente forma (Figura 5.2): una parte alta que es recolectora de agua, de poca superficie que recibe escasas lluvias y termina en una quebrada por donde corre un arroyo o un río de bajo caudal (A); la boca de la quebrada (B) donde se ubica el poblado con cultivos aledaños regados con agua de la fuente; le sigue la zona de piedemonte (o pie de sierras) que es un plano levemente inclinado (C) y luego empieza el llano propiamente dicho (D). Finalmente, las partes más bajas del llano están generalmente salinizadas, ya que el agua se insume y deposita los materiales arrastrados finos (arcillas y limos) y sales solubles.

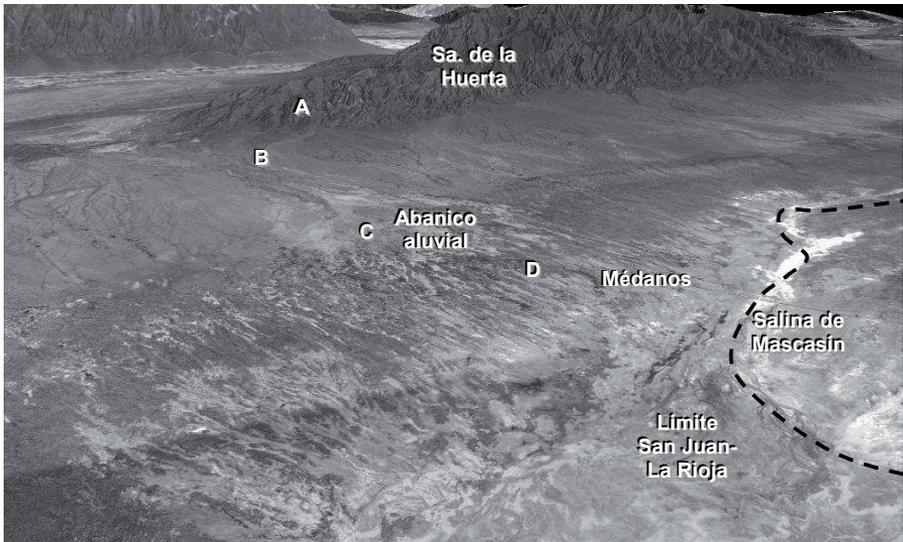


Figura 5.2: Cuenca hidrográfica de las Salinas de Mascalzín (San Juan-La Rioja). © M. Karlin.

Las áreas salinas y los barreales constituyen áreas en las cuales se acumula agua de lluvia y de escorrentía durante períodos considerables de tiempo, debido a la cercanía de napas a la superficie y a la baja conductividad hidráulica de sus suelos. En época lluviosa estas cuencas almacenan agua para el aprovechamiento animal, la cual dura algunos días o semanas hasta que la evaporación termina por hacerla desaparecer.

La captación de agua en zonas serranas hace que el agua descienda superficial y subsuperficialmente hasta la planicie. La freática al pie de las montañas, se encuentra entre los 80 y 120 metros de profundidad, reduciéndose la profundidad hacia las zonas bajas hasta los 8-12 metros. En áreas salinas la freática se encuentra casi a nivel de superficie, fluctuando de acuerdo al aporte de lluvias entre 0 y 5 metros de profundidad (Karlin et al., 2013a). La calidad del agua, considerando el porcentaje de sales, es buena cerca de las montañas, pero decae hacia las zonas bajas.

En el Chaco Árido, caracterizado por un marcado balance hídrico negativo, gran estacionalidad de lluvias y cada vez mayor variabilidad en la frecuencia e intensidad, los acuíferos se recargan gracias a las precipitaciones caídas en las zonas serranas de Ambato, Ancasti, Ambargasta, Sierras de Córdoba, Sierras de San Luis, de Valle Fértil, de Paganzo y Velasco. La recarga depende entonces del régimen de precipitaciones ocurrido en la cuenca alta. El agua para uso ganadero se obtiene fundamentalmente por escorrentía y es captado en grandes represas a cielo abierto, las cuales dependiendo de la intensidad de la escorrentía, arrastran más o menos cantidad de sedimentos, los cuales terminan colmatando las represas y reduciendo su capacidad de almacenamiento. Ocasionalmente se encuentran concavidades naturales que pueden ser utilizadas como represas aunque, en la mayoría de los casos, son hechas por la mano del hombre ya sea de manera total o parcial. Los canales derivadores para el llenado de represas suelen ser de tierra, por lo que las pérdidas por infiltración son muy elevadas.

En algunas áreas se construyen pozos balde alrededor de las represas con el fin de aprovechar el agua infiltrada (agua de rezumen), como estrategia para que los recursos hídricos alcancen todo el año.

Los pozos balde son hechos generalmente dentro de la represa para poder explotar el agua que se ha insumido por debajo de las represas.

Otra de las formas de almacenar agua en la región es a través de cisternas. El agua de lluvia almacenada es captada por una estructura impermeable de superficie acorde a la capacidad de almacenamiento. Esta estructura presenta una pendiente que desemboca en canaletas que son las responsables de conducir el agua de lluvia captada hacia una cisterna cubierta para evitar contaminación. La desembocadura de las canaletas que conducen el agua a la cisterna posee una malla que filtra las impurezas del agua. Este sistema se construye en lugares donde no es posible llegar con agua de red, y el agua almacenada se destina fundamentalmente para consumo humano (Karlín et al., 2010b).

Las pérdidas de agua almacenada superficialmente ocurren fundamentalmente por evaporación o por infiltración en su trayecto desde la descarga de agua hasta el almacén. Mayores temperaturas pueden aumentar las tasas de evaporación y provocar mayores pérdidas de agua, aumentando consecuentemente la concentración salina y reduciendo su calidad para uso ganadero. Aumentos en la temperatura también pueden favorecer el desarrollo de microorganismos a una tasa superior de crecimiento aumentando los problemas de parasitosis y bacteriosis.

Lluvias más intensas pueden favorecer el llenado de las represas pero también aumentar la tasa de colmatación. La intensidad también puede provocar problemas de aluviones a nivel de poblaciones asentadas en los pedemontes de las sierras circundantes. También pueden representar menores tasas de recarga de acuíferos por saturación de suelo y reducción en la captación de agua en la cuenca alta. En contrapartida, aumentarían las crecidas de ríos superficiales.

En consecuencia, un aumento en la pluviometría total (de acuerdo a las tendencias) no significa un aumento en la disponibilidad de agua a nivel de productor. Los procesos de desertificación dominantes en las últimas décadas contribuyen a que el agua efectiva (captada por suelo o aprovechable por el productor) sea cada vez menor.

## **Vegetación**

Las formaciones vegetales de cualquier bioma están definidas por las condiciones geomorfológicas, edáficas o climáticas, sin embargo muchas veces las comunidades vegetales se definen en función al uso y a los disturbios sufridos ya sea por pastoreo, deforestación o incendios.

En el Chaco Árido las comunidades maduras, en cuasi-equilibrio o "clímax" de los llanos corresponden a comunidades de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) (Anderson et al., 1970; Morello, 1958) desarrolladas sobre suelos Torriorténticos franco arenosos, exceptuando

zonas salinas, con comunidades halófilas de jumes (*Allenrolfea patagonica* y *Heterostachys ritteriana*) y barreales con suelos descubiertos y pequeñas comunidades de chañar (*Geoffroea decorticans*) y rodajillo (*Plectrocarpa tetraacantha*), definidas por la presencia de sales solubles y granulometría del suelo.

Los diferentes estados de vegetación que se encuentran actualmente en los llanos se deben principalmente a la ocurrencia de disturbios de diferente magnitud, siendo su intensidad la que condiciona la capacidad de recuperación de la comunidad vegetal. Estos disturbios han conducido a una arbustización del sistema, formando comunidades dominadas por jarilla (*L. divaricata*), lata (*M. carinatus*) y garabato (*A. gilliesii*), que compiten con las especies forrajeras herbáceas, aunque actúan como nodrizas de especies forestales, generando ambientes de baja productividad de gramíneas (Karlin et al.; 2013b).

Los disturbios dominantes y conducentes a la desertificación son principalmente el sobrepastoreo y la deforestación, supeditados muchas veces a especulaciones de tipo climático y económico. Épocas húmedas promueven un aumento en las cargas animales en el sistema ganadero, el cual posee una dinámica desfasada respecto a la variable clima. Cuando el productor decide retener hembras (vacunos, caprinos u ovinos) como vientres en un año bueno, estas tardan al menos dos años en ser productivas. Años malos provocan una reducción en el forraje disponible y un desbalance con la carga animal. Por especulación, los vientres se suelen retener impactando fuertemente sobre la pastura natural y reduciendo la capacidad de la planta de acumular reservas para su rebrote al año siguiente.

Respecto al desmonte, las causas están relacionadas a la especulación económica. La eliminación de la cubierta vegetal se hace, o bien para reemplazarla por cultivos bajo riego, o bien para la implantación de alguna pastura megatérmica “adaptada”. La eliminación del árbol del sistema,

responsable de una mayor eficiencia hídrica y del ciclado de nutrientes del suelo, provoca la drástica disminución de la fertilidad del suelo.

El bosque original, estado cuasi-estable del sistema Chaco Árido, estaría representado por los quebrachales de *A. quebracho-blanco* y es representativo de gran parte del Chaco Árido (Carranza et al., 1992; Bonino y Araujo, 2005; Karlin et al., 2011; Iglesias et al., 2012) definido por las condiciones climáticas preponderantes y especialmente por las características de los suelos azonales representados por Torriortentes típicos. El hecho que este tipo de estado de vegetación se repita en innumerables puntos de la subregión donde los disturbios no han sido importantes, hace de la dinámica sucesional hacia este estado “climácico” una posibilidad real, y en cierto modo determinista, lo que permite para estos casos predecir ciertos comportamientos del ecosistema.

Conociendo los *Estados* de vegetación y sus *Transiciones*, se cuenta con un modelo sucesional que puede ser aplicado frente a disturbios o cambios en las condiciones del entorno, tales como aumento o disminución de las precipitaciones durante períodos lo suficientemente extensos como para que la vegetación dominante sea efectivamente afectada.

Estos estados de vegetación también definen determinada abundancia de árboles y arbustos, sobre los cuales es posible cuantificar la cantidad de carbono acumulado. Los bosques del Chaco Árido se caracterizan por poseer un stock de carbono de biomasa aérea relativamente bajo. Los valores de biomasa aérea medidos por Iglesias et al. (2012) en la Reserva Natural Chancaní son de 95 Tn/ha en bosques maduros con predominancia de quebracho blanco; 51 Tn/ha en bosques abiertos de quebracho, algarrobo y garabato; 36 Tn/ha en bosques mixtos de quebracho, algarrobo, garabato y lata, y 19 Tn/ha en arbustales de jarilla y lata. Todos estos valores incorporan la biomasa aérea de los arbustos, que en la mayoría de los casos observados del Chaco Árido aportan más del 50% de carbono total correspondiente a la biomasa del bosque. Los valores obtenidos por los

mismos autores en áreas colindantes con la ecorregión del Monte son de alrededor de un 35% menos, teniendo en cuenta una importante reducción en las precipitaciones anuales.

De acuerdo a los valores de productividad maderera de la región, y considerando la productividad arbustiva, podrían suponerse valores medios de acumulación de carbono de entre 0,5 y 1 Tn/ha/año, teniendo en cuenta todos los aportes del sistema (planta, suelo, animal -aunque este último casi despreciable-).

Relacionado a la fijación de carbono, también es posible cuantificar la cantidad de energía acumulada de alta calidad o exergía<sup>7</sup> (Karlin et al., 2011, Karlin et al., 2013d) como un indicador de sustentabilidad del sistema.

---

7 La energía total del sistema es:

$$E = \sum_{i=1}^n N_i * e_i \text{ (ec. 1),}$$

es decir, igual a la suma de todas las especies consideradas ( $N_i$ ) en el sistema, multiplicado por la energía ( $e_i$ ) acumulada en cada una como biomasa.

La energía considerada de cada especie está determinada por la energía acumulada en sus tejidos. Esa energía es igual a la energía acumulada como forraje (raíces, hojas, brotes, órganos de almacenamiento de consumo por el ganado), más la energía acumulada como madera. Por lo tanto

$$E = \sum_{f=1}^n N_f * e_f + \sum_{w=1}^n N_w * e_w \text{ (ec. 2)}$$

Teniendo en cuenta que el número de especies y la energía almacenada se relacionan con un sub-sistema (zonas), y que hay sub-sistemas que acumulan más biomasa que otros, es posible estimar la abundancia y la frecuencia de las especies presentes en cada uno de ellos. Por lo tanto, los valores más altos de abundancia, frecuencia y número de especies, deben significar una mayor energía acumulada en el sub-sistema considerado (Patten, 1959).

Si se considera un gradiente de energía, dado por las diferencias entre la biomasa total de cada sub-sistema, mayores diferencias de energía ( $\Delta E$ ) significan que las diferencias entre los sub-sistemas considerados son mayores. Menores diferencias de energía significan que los sub-sistemas son similares (al menos desde un punto de vista termodinámico).

En base a la segunda y tercera leyes de la termodinámica (Ball, 2004), podemos definir la entropía como la cantidad de energía en el sistema que no se puede utilizar para producir trabajo. Entropía, definida originalmente por Boltzmann desde el punto de vista estadístico para el estudio de los gases ideales, se puede utilizar para definir "el orden del universo" (sistema en estudio), estudiando la distribución de las partículas de gas en un recipiente cerrado:

$$S = k \ln \Omega \text{ (Patten, 1959) (ec. 3),}$$

donde  $S$  es la entropía,  $k$  es la constante de Boltzmann y  $\Omega$  es el número posible de microestados (las diferentes posibles configuraciones de las partículas en el contenedor) del sistema. A mayor número de posibilidades, el desorden se incrementa.

Dentro del sistema, la derivada de la entropía ( $d_i S$ ) sólo puede aumentar, por lo tanto:

$$d_i S \geq 0 \text{ (ec. 4),}$$

En una sucesión ecológica, un ecosistema tiende a evolucionar hacia un equilibrio dinámico (cuasi-estable) con el medio ambiente. El concepto de estabilidad está relacionado con la capacidad del sistema para resistir perturbaciones y alcanzar un estado de equilibrio (dinámico) (Jørgensen y Svirezhev, 2004) definido por la relación productividad/biomasa. Según Margalef (Flos, 2005), dicho cociente disminuye a medida que la sucesión ecológica se mueve hacia adelante, porque la exergía acumulada se destina al mantenimiento de la biomasa y de la información en este equilibrio. En dicho estado de equilibrio, la tasa de crecimiento de las poblaciones de intervinientes tiende a cero y se manifiesta con fluctuaciones mínimas. En

---

siendo la entropía un proceso espontáneo, mientras que el intercambio de entropía entre el sistema y el medio ambiente ( $d_e S$ ) puede ser positivo, negativo o cero, definiendo el diferencial de la entropía ( $dS$ ) como:

$$dS = d_i S + d_e S \text{ (ec. 5)}$$

Por lo tanto, la entropía del sistema puede aumentar, disminuir o permanecer constante. Este hecho se puede lograr en los sistemas ecológicos por el "bombeo" de entropía a través de la fotosíntesis y la acumulación de biomasa (Patten, 1959).

Un concepto opuesto a la entropía es la exergía y la disponibilidad de información (Jørgensen y Svirezhev, 2004; Patten, 1959). La energía tiene cualidades diferentes, es decir, la disponibilidad para ser utilizado, y se puede medir por su exergía.

La dinámica de un sistema se puede definir en relación con la acumulación de exergía. La exergía es igual al potencial de Gibbs (energía libre) en el sistema en relación con el mismo sistema cuando se alcanza el equilibrio termodinámico (Jørgensen y Svirezhev, 2004).

Como concepto análogo de la entropía, la exergía se puede definir como

$$Ex = T (S_i^{eq} - S) \text{ (Jørgensen y Svirezhev, 2004) (ec. 6),}$$

donde  $S$  es la entropía y  $S_i^{eq}$  es su valor en el  $i$  equilibrio (termodinámico).

Dependiendo de las moléculas construidas por la fotosíntesis (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc), la exergía se puede almacenar en los tejidos de plantas como biomasa.

Presumiblemente, los sub-sistemas con mayores cantidades de biomasa tienen la capacidad de almacenar una mayor cantidad de exergía.

Existe una profunda conexión entre la termodinámica como teoría física y la teoría matemática de la estabilidad. Uno de los conceptos más importantes de la teoría de la estabilidad es el concepto de "coeficientes de Lyapunov" (Jørgensen y Svirezhev, 2004). Básicamente, los coeficientes de Lyapunov indican la distancia de un sistema respecto al equilibrio termodinámico:

$$(L = S^{\max} - S) \text{ (ec. 7).}$$

En los sistemas ecológicos dichos coeficientes están relacionados con la distancia respecto a un equilibrio dinámico o "clímax", en cuyo caso es posible definir vectores hacia estados estacionarios.

La exergía ( $Ex$ ) y los coeficientes de Lyapunov están relacionados (ver ec. 6).

Por lo tanto, la exergía se puede definir a través de un coeficiente de Lyapunov (Jørgensen y Svirezhev, 2004). Es posible modificar la ec. 7, en base a la ec. 6 bajo condiciones isotérmicas ( $T = \text{const}$ ):

$$L \approx Ex \text{ (eq. 8).}$$

caso contrario, estamos en presencia de ciclos caóticos que manifiestan varios posibles estados de equilibrio (Stone y Ezrati, 1996).

Relacionados a un momento determinado de una sucesión, habrá poblaciones que siguen una sucesión normal dentro de una comunidad hacia un estado estacionario, y otras (adaptadas) que aprovechan nichos desalojados, lo que corresponde a los estados de sucesión más cercanos al equilibrio termodinámico (máxima entropía), con altas tolerancias frente a factores abióticos adversos.

Un disturbio de gran magnitud como una sequía prolongada significa una reducción en los procesos fotosintéticos, en la acumulación de carbono, disminuyendo la productividad del bosque y provocando una reducción de exergía almacenada en el bosque, la cual es máxima en el estado cuasi-estable y está representada como biomasa de alta densidad (madera) en los quebrachales, siendo  $L$  mínimo en este estado de vegetación.

Según Ryan (1991) muchos de los cambios en la atmósfera como aumento de las temperaturas, de la concentración del  $\text{CO}_2$ , alteración en las precipitaciones pueden provocar cambios en el balance metabólico de las plantas. Un incremento del  $\text{CO}_2$ , incrementa la relación C/N del mantillo por lo que el nitrógeno del suelo está inmovilizado por más tiempo, incrementando los costos de extracción de nitrógeno del suelo por las raíces. Incrementos en las temperaturas y el  $\text{CO}_2$  aumentan las tasas fotosintéticas, quizá en mayor medida que los aumentos en la respiración. Desbalances entre fotosíntesis y respiración posiblemente ocurran primero en estados maduros del ecosistema (quebrachal en el caso del Chaco Árido) debido a que la relación productividad/biomasa es cercana a cero. Estos cambios en la temperatura y el  $\text{CO}_2$  afectarían estos ecosistemas haciendo que estos crezcan, maduren y mueran más rápidamente. Frente a sequías, las poblaciones que evolucionarían más rápidamente serían aquellas adaptadas a la misma, reduciendo las tasas respiratorias gracias a la capacidad de

regulación estomática y otros tipos de adaptación como la reducción de la pérdida de agua por la producción de ceras u otros mecanismos regulatorios. De acuerdo a observaciones realizadas en otros sitios de la subregión (Karlin et al., 2010c; Calella y Corzo, 2006; Anderson et al., 1970; Morello, 1958), podemos afirmar que cuando la sucesión se desarrolla sobre suelos azonales, llega en la mayoría de los casos al mismo estado de vegetación (quebrachal), aunque puede ocurrir que atraviere diferentes caminos, dependiendo de los ecosistemas colindantes y de los estados de vegetación dominantes. Algo similar puede observarse en este caso con la sucesión garabatal-quebrachal, aunque el regreso (si este ocurre) al estado de referencia (quebrachal) ocurre naturalmente en la mayoría de los casos por la vía jarillal-latal-garabatal-quebrachal. El paso inverso, sin embargo, no necesariamente seguiría la misma vía, sino que depende del grado de disturbio.

Los efectos alelopáticos de *L. divaricata* restringen la instalación aleatoria de especies, aunque actuaría como nodriza de especies como *M. carinatus* y *A. gilliesii*, adaptadas a canopias densas, pero más exigentes en agua y nutrientes (Páez y Marco, 2000). *A. quebracho-blanco* también se desarrollaría bajo la influencia de *L. divaricata*, *M. carinatus* (Barchuk et al., 2008) y *A. gilliesii*. Sin embargo puede observarse en la Figura 5.3 que la frecuencia de *A. quebracho-blanco* empieza a aumentar luego de la drástica disminución de *M. carinatus*, lo cual debe ser estudiado en mayor detalle.

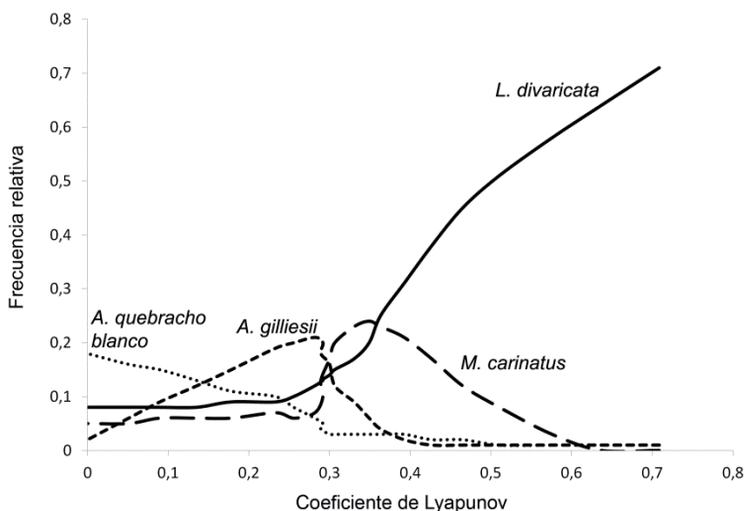


Figura 5.3: Esquema de frecuencia de poblaciones en relación al grado de disturbio, representado por Coeficientes de Lyapunov (extraído de Karlin et al., 2013d).

Las condiciones climáticas y topográficas restringirían el desarrollo de especies alóctonas invasoras. De hecho, es raro encontrar especies exóticas fuera de la influencia de fuentes de agua. Un aumento en el régimen de precipitaciones probablemente no aumentaría la proporción de especies exóticas fuera de vías de escurrimiento, aunque un aumento en los módulos de los ríos temporales podría aumentar la proporción de exóticas.

A diferencia de la vegetación de los llanos, en los ecosistemas salinos las plantas deben usar reservas de alta exergía (energía de alta calidad) para igualar el potencial osmótico del suelo y poder absorber agua. En estos casos, las sales solubles constituyen un impedimento para la formación de la biomasa de la planta, aumentando la entropía del sistema. Este efecto se vería compensado en parte a través de la adaptación de las especies, cuantificada en la información genética. Por lo tanto, la reducción de la

biomasa en un sub-sistema a veces es compensado con un incremento en la información genética (Sherwin, 2010).

La presencia de sales solubles en el suelo genera condiciones adversas para las especies no adaptadas, reduciendo la cantidad total de biomasa en el sub-sistema, y por lo tanto, también su exergía (aumenta  $L$ ; Figura 5.4). Esta reducción de la biomasa está relacionada con una disminución de la riqueza y la diversidad biológica (Begon et al., 2006).

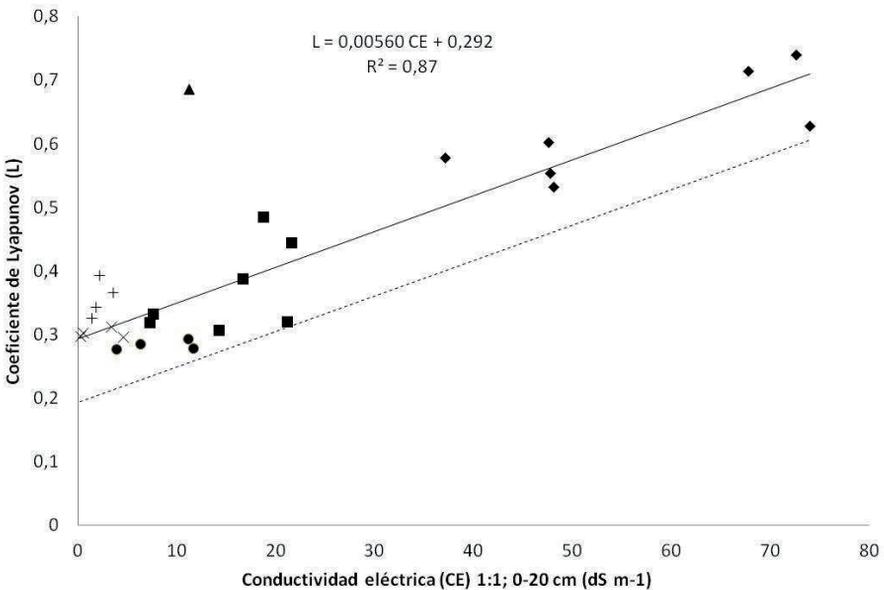
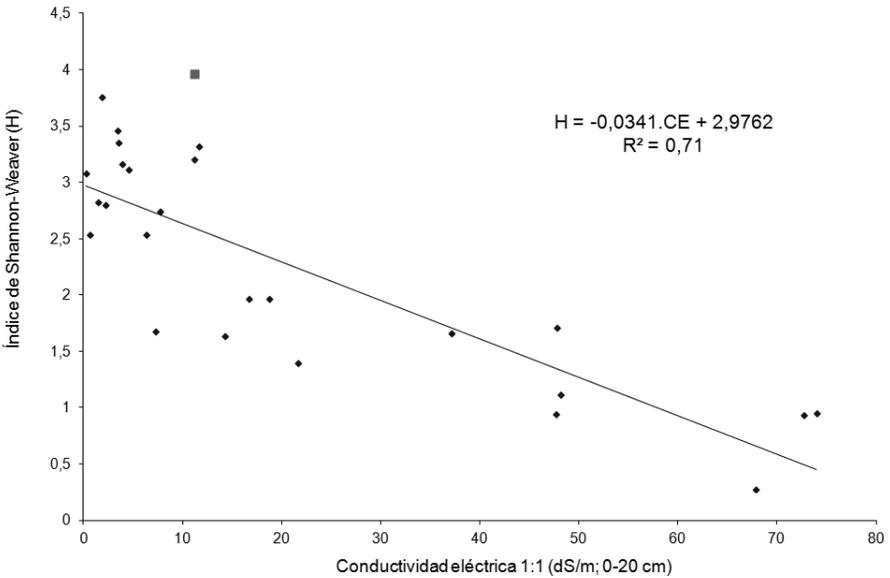


Figura 5.4: Relación lineal entre los coeficientes de Lyapunov ( $L$ ) y la conductividad eléctrica ( $CE$ ). ◆: Salina Vegetada; ■: Llanos Inundables; ●: Monte Con Influencia Salina; +: Dunas; x: Monte con Escasa Influencia Salina; ▲: Bosque quemado. Línea punteada: situación de referencia (extraído de Karlin, 2013d).

De acuerdo a diversos autores (Odum, 1972; Patten, 1959; Margalef, 1956), si la biodiversidad es alta, el sistema gana estabilidad. Por lo tanto, cuando una comunidad se mueve hacia un clímax (o más correctamente, estado de equilibrio), su biodiversidad aumenta. Esto puede apreciarse en la Figura 5.5.



*Figura 5.5: Regresión lineal entre el índice de biodiversidad de Shannon-Weaver (H) y la conductividad eléctrica del suelo (CE) 1:1 como promedio ponderado de 0,20 cm de profundidad. El cuadrado gris representa un sitio quemado identificado como quebrachal (modificado de Karlin, 2013d).*

Sin embargo, los hechos demuestran que esto no siempre ocurre. Un claro ejemplo es lo que sucede en sucesiones secundarias, luego de disturbios como los incendios forestales (Figura 5.4 y 5.5), donde el sistema experimenta la invasión de especies oportunistas (r) (Begon et al., 2006; Odum, 1972), aumentando temporalmente su biodiversidad. Estas especies son más tarde reemplazadas por especies de mayor capacidad de

competencia interespecífica (K). Es posible que después de una perturbación por incendios, la diversidad varíe a pesar de la recuperación del sistema (Shafi y Yarranton, 1973), y esta diversidad dependa de la capacidad de competencia interespecífica. Por lo tanto, la cobertura vegetal y la abundancia de algunas poblaciones alcanzan valores más altos que los de la máxima capacidad de carga calculada para las condiciones cuasi-naturales, aumentando la distancia Euclídea (o coeficiente de Lyapunov; Figura 5.4) respecto al estado de equilibrio, siendo posible la coexistencia de especies tipo r y K al mismo tiempo, aumentando consecuentemente la biodiversidad luego de un disturbio, de acuerdo a la Hipótesis de Disturbios Intermedios (Roxburgh et al., 2004). Sin embargo en sistemas áridos y semiáridos la diversidad también puede disminuir sin evidenciarse recuperación, iniciando procesos de desertificación irreversibles.

De acuerdo con las observaciones de campo y estudios análogos a otros registros de sucesión (Méndez, 1993; Odum, 1972; Watt, 1947), los cambios espaciales en estas áreas salinas se correlacionan con procesos geomorfológicos. Si identificamos las diferentes zonas en relación a una transecta virtual de disminución de salinidad (Figura 5.6), es posible identificar los cambios desde Salinas (con un máximo de conductividad eléctrica y una total ausencia de vegetación) hasta Monte con Escasa Influencia Salina (con un mínimo de conductividad eléctrica, mayor acumulación de arenas en superficie y máxima cobertura vegetal). A medida que ascendemos topográficamente, se encuentra menor contenido de sales solubles, con algunas especies indicadoras que aparecen desde el centro de la cuenca, tal como *Heterostachys ritteriana* (Ragonese, 1951), que define la zona Salina Vegetada. Siguiendo la transecta, aparecen comunidades de *Cyclolepis genistoides* y *Atriplex argentina*, definiendo los Llanos Inundables. En este punto, la acumulación de arenas por efecto eólico en la superficie del suelo llega a ser importante, lo que reduce el contenido de sal del suelo y permite la instalación de poblaciones de *Stetsonia coryne* y *Atriplex argentina*

(Figura 5.7). La primera se desarrolla sobre un horizonte arenoso de por lo menos 6 cm de espesor. Siguiendo la transecta, aparecen comunidades de *Mimozgyanthus carinatus* en terrenos más altos, definiendo el Monte Con Influencia Salina, y luego el Monte con Escasa Influencia Salina donde predominan *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Larrea divaricata*. Las especies mencionadas son las que presentan una mayor frecuencia relativa, definiendo las diferentes zonas a través de las combinaciones de dichas especies.

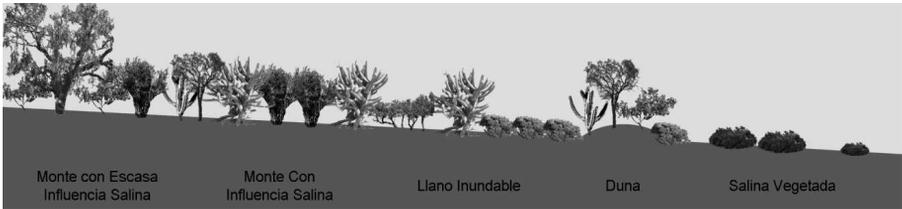
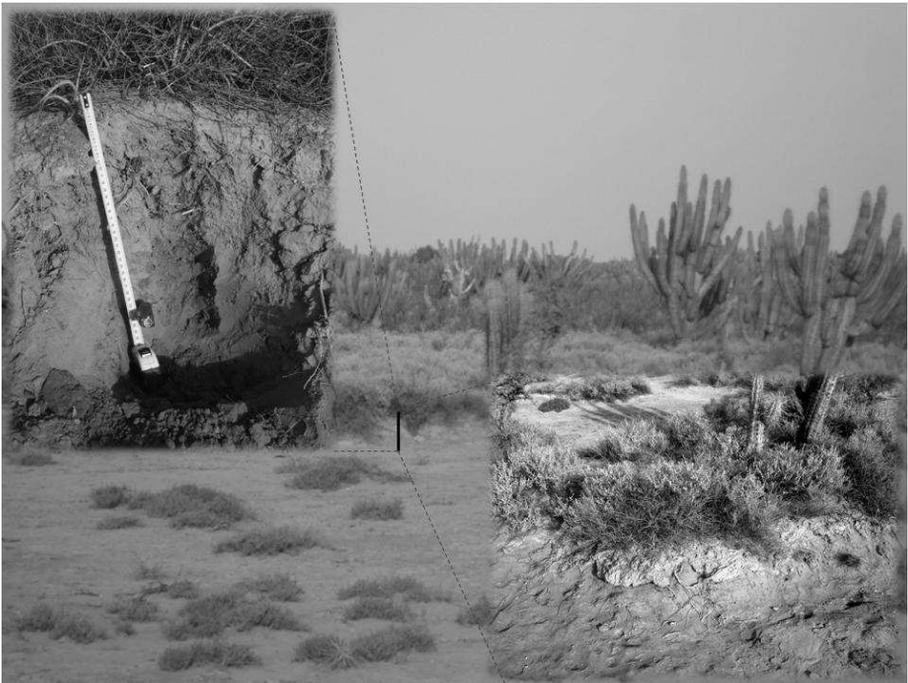


Figura 5.6: Perfil de vegetación de las Salinas Grandes. De izquierda a derecha aumenta la salinidad del suelo, disminuye el espesor de arenas en superficie y disminuye la biodiversidad. © M. Karlin.

En la Figura 5.8 se pueden ver las diferentes poblaciones dominantes, en relación con un gradiente de salinidad creciente, definiendo las diferentes comunidades. Estas comunidades pueden ser clasificadas como "crecientes" (comunidades que se desarrollan con una creciente concentración de sales solubles, como ocurre con *Heterostachys ritteriana*), "intermedias" (comunidades de *Cyclolepis genistoides*, *Atriplex argentina* y *Stetsonia coryne*) o "decrecientes" (comunidades de *Mimozgyanthus carinatus*, *Larrea divaricata* y *Aspidosperma quebracho-blanco*). Esto permite definir tres grandes clases de manejo ambiental, en base a la salinidad y al espesor del horizonte arenoso.

Como se mencionó en *Geomorfología y suelos* en éste mismo Capítulo, las especies en la Salina Vegetada actúan como barreras contra el viento,

acumulando las partículas transportadas por efecto de la deflación de la cuenca salina (Gutiérrez Elorza, 2008), donde en consecuencia, se instalan especies menos halófitas. En zonas altas, la acumulación de arena también se produce debido al efecto de la vegetación sobre las laderas. Asimismo, durante la temporada de lluvias, las dunas se erosionan y las arenas son transportadas por escorrentía y se depositan en tierras bajas.



*Figura 5.7: Cambio de zona (de Salina Vegetada a Llano Inundable) por efecto de acumulación de arenas en superficie. Al fondo se aprecia una comunidad de cardón (Stetsonia coryne) y cachiyyuyo (Atriplex argentea). © M. Karlin.*

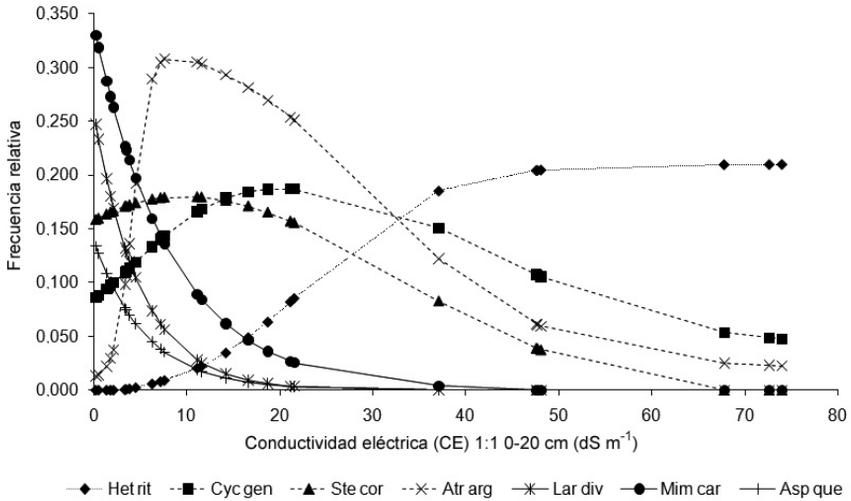


Figura 5.8: Curvas de frecuencia relativa en relación a la conductividad eléctrica (CE). *Heterostachys ritteriana*: Het rit; *Cyclolepis genistoides*: Cyc gen; *Stetsonia coryne*: Ste cor; *Atriplex argentina*: Atr arg; *Larrea divaricata*: Lar div; *Mimozyanthus carinatus*: Mim car; *Aspidosperma quebracho-blanco*: Asp que (extraído de Karlin, 2013d).

Es posible, entonces, esquematizar la dinámica de los ecosistemas (Figura 5.9).

En relación a estos procesos, la dinámica de las zonas depende de las condiciones del clima y la cobertura vegetal que regulan los procesos de erosión.

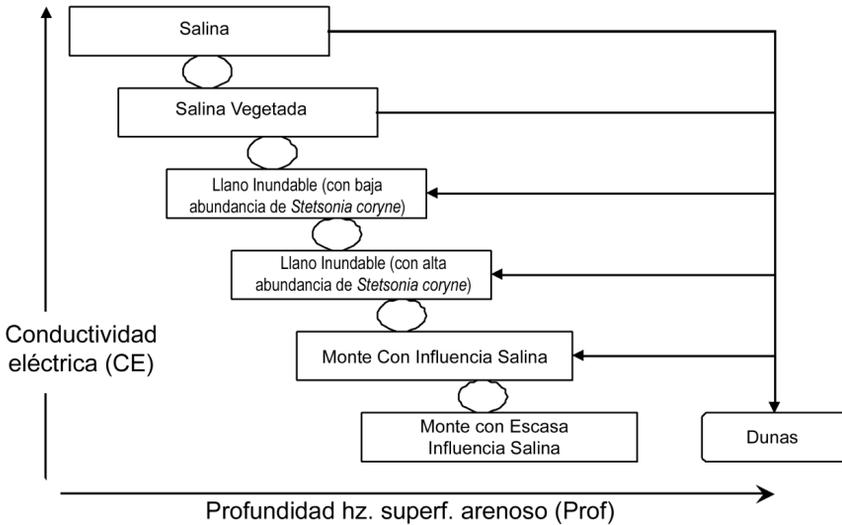


Figura 5.9: Esquema de las relaciones entre las zonas consideradas y las variables edáficas (extraído de Karlin, 2013d).

Es posible hipotetizar que si en años sucesivos se producen lluvias por encima de la media histórica, y la cubierta vegetal es escasa debido a la degradación antrópica, procesos de erosión y escorrentía se producirían en zonas altas, generando sedimentación en las tierras bajas, evolucionando a zonas de salinidad moderada como los Llanos Inundables y Monte Con Influencia Salina, caracterizadas por el desarrollo de una capa delgada de arena en superficie y con predominio de especies intermedias (ver Figura 5.7). Si en años sucesivos se producen precipitaciones por debajo de la media histórica, la reactivación de dunas sería posible, reduciéndose la erosión hídrica y favoreciendo la acumulación de arena por deflación debido a la depresión de la capa freática en la cuenca, la cual controla la erosión eólica. Sin embargo, la estabilización de dunas requiere la producción de biomasa, que, obviamente, requiere agua. Por lo tanto, durante este ciclo seco, una fluctuación anual entre las estaciones secas y húmedas es necesaria para que este proceso ocurra, con largas temporadas secas

(otoño, invierno y primavera) y con la mayor concentración de lluvias en verano, cuando las plantas son fenológicamente más activas. Para evitar que las dunas sean erosionadas por la lluvia, la instalación de especies de rápido crecimiento (tipo r) es necesaria para reducir la escorrentía y la erosión, y por lo tanto retrocesos en la sucesión primaria. Precipitaciones de baja intensidad y alta frecuencia favorecerían la estabilización de dunas (Karlín, 2013d).

En relación a posibles cambios en las precipitaciones a futuro, algunos modelos predictivos (Labraga y Villalba, 2009) anuncian cambios positivos importantes para el período 2071-2100 (de entre 10 y 20%) en las lluvias promedio de verano para esta región, lo cual promovería procesos de erosión de dunas y deposición en zonas bajas si las condiciones de sobrepastoreo y tala se mantuvieran o aumentarían.

Por otra parte, un aumento en las precipitaciones, temperatura y carbono atmosférico supondrían un aumento en la productividad primaria neta, lo cual redundaría en un aumento en la biomasa total, y especialmente en la arbustización del sistema (Huenneke et al., 2002). Esta arbustización, en desmedro de las pasturas naturales, reduciría la frecuencia de los incendios forestales, pero supondría un aumento en la intensidad de los mismos.

Es posible, a través de los procesos de erosión/deposición, que las zonas evolucionen hacia un estado estacionario en función del clima predominante (equilibrio climático).

### **Implicancias para un adecuado manejo sistémico**

En zonas semiáridas como el Chaco Árido el elemento más importante a manejar para mantener una buena calidad del sistema frente al cambio climático es el árbol, el cual actúa como gran regulador del sistema, aportando materia orgánica y reduciendo la evaporación. El mantenimiento de una adecuada cobertura vegetal a través de una estructura disetánea y poliespecífica del bosque, con una adecuada regeneración, debe

acompañarse de un adecuado manejo de los arbustos, los cuales según las previsiones tienden a aumentar su influencia con el cambio climático, y también contribuyen al mantenimiento de las características del suelo. Este último, sin embargo debe ser manejado en cuanto a su participación en el sistema bosque ya que compite fuertemente con las pasturas y reduce el área efectiva para el pastoreo. Por lo tanto su abundancia debe evaluarse en función a los objetivos de producción y al mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Respecto a los suelos zonales, principalmente suelos salinos y dunas, la gran limitante es el contenido salino y la baja retención de agua respectivamente.

En el primero, el exceso de sales solubles reduce la disponibilidad de agua efectiva y nutrientes para las especies. El manejo del sistema con el aprovechamiento y control de la cobertura de especies adaptadas halófilas es la principal herramienta que cuenta el productor para mantener una adecuada productividad de estas áreas, estas últimas aprovechadas en forma planificada junto con otro tipo de suelos de menor contenido de sales solubles. Las especies halófilas, por otro lado, gracias a su arquitectura, permiten la retención de partículas de suelo, construyendo horizontes (discontinuidades litológicas) importantes para la instalación de nuevas especies, permitiendo la evolución de las sucesiones primarias (Karlin et al., 2011).

En suelos esqueléticos de dunas la gran limitante es la baja retención de agua en el perfil, el cual debe ser mantenido con cobertura vegetal evitando la evaporación, a la vez que actúa como protector frente a procesos erosivos. En base a lo discutido anteriormente, los Coeficientes de Lyapunov definen adecuadamente el estado de cada ambiente. Cuando  $L$  disminuye en el tiempo, se espera que el sistema se dirija hacia un estado cuasi-estacionario (quebrachal), de lo contrario, el equilibrio es inestable y se vuelve menos resiliente (Karlin et al., 2011). Un disturbio puede producir una regresión en

las sucesiones secundarias, a través de procesos de deforestación, sobrepastoreo y fuego, contribuyendo a la desertificación. El cambio climático puede actuar como el gran motor de estas sucesiones, acelerando o retardando la velocidad de la misma.

Presumiblemente, los estados de vegetación con mayor abundancia y frecuencia de especies tienen la capacidad de almacenar una mayor cantidad de energía como biomasa y como información.

Respecto a la diversidad de especies, este tiene un efecto claro y significativo sobre la resistencia a las perturbaciones, pero equívoco en la tasa de recuperación (Tilman, 1996). El Índice de Biodiversidad puede ser un buen indicador de sucesiones primarias, pero no de sucesiones secundarias. Debido a esto, los indicadores de biodiversidad no son suficientes para definir la estabilidad de un sistema. Tampoco serían satisfactorios para la evaluación de las sucesiones secundarias. Los Coeficientes de Lyapunov podrían ser indicadores de sucesión más precisos que los índices de biodiversidad.

En relación a la fijación de carbono, por los bajos stocks y por no considerar otras fuentes (arbustales, pastizales y biomasa subterránea), los mecanismos REDD no pueden aportar un impacto significativo a la economía de la zona. No obstante, el criterio de conservar el stock de carbono puede ser integrado en los conceptos de uso y, consecuentemente, servir como un criterio para la determinación de la compensación según la Ley Nacional N° 26.331.

Lamentablemente en la actualidad no existen proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) que se enfoquen en la fijación de carbono en el suelo. Mecanismos tales como reducción en la tasa de cambio del uso de la tierra, reducción de erosión, manejo de residuos orgánicos y manejo de pasturas pueden reducir considerablemente las emisiones de gases de invernadero, considerando que los suelos de esta ecorregión, a pesar de ser

pobres en materia orgánica, contienen una considerable cantidad de carbono (orgánico e inorgánico) acumulado en su perfil.

Si bien los procesos de arbustización por degradación y falta de manejo reducen la productividad del sistema, podrían ser tenidos en cuenta en la cuantificación de la fijación de carbono en los tejidos (especialmente radiculares) y restos vegetales incorporados en el suelo.

Los procesos de fijación deben ser tenidos en cuenta frente a la posible discusión de nuevos MDL en futuros acuerdos internacionales para cambio climático.



## Capítulo 6 Percepciones locales sobre el clima y el entorno<sup>8</sup>

El espacio y el tiempo toman diferentes dimensiones de acuerdo a quien lo interpreta. Entendemos por espacio el “contexto” en donde desarrollamos nuestra vida cotidiana, mientras que el tiempo está en íntima relación a la dinámica de ese “contexto” y su influencia sobre los individuos y comunidades.

En áreas rurales, el espacio es tratado como un hecho de la naturaleza, percibido a través de la atribución de significados cotidianos de sentido común, aunque es dinámico y su percepción nunca se completa, ya que permanentemente se incorporan significados a través de la práctica, que van modificando el “todo”.

El ecosistema es “leído” en base al conocimiento local de los recursos naturales, incluyendo la dinámica del clima y del ambiente. La disciplina que estudia este tipo de conocimiento es la etnoecología.

El término etnoecología fue empleado por primera vez por el antropólogo Harold Conklin para definir un área de estudio dedicada al análisis de las concepciones y clasificaciones humanas relacionadas con los procesos biológicos (Durand, 2000). Con este enfoque se produce una íntima relación entre el hombre y la naturaleza en donde hay reciprocidad entre objeto y sujeto, entendiendo la naturaleza como un ente que “vive” y “permite la vida”. Los datos generados por métodos correspondientes a una perspectiva “objetiva” (visión del investigador) e “interobjetiva” (visión de la comunidad científica) de la ecología son valorables, pero éstos no abarcan una comprensión exhaustiva del problema ecológico en sí, ni necesariamente motivan a la acción. La motivación se logra cuando se experimenta un problema ambiental específico a través de dos perspectivas adicionales: la

---

<sup>8</sup> Modificado de Karlin (2013c), y Karlin y Karlin (2013).

“subjetiva” (visión particular de quien experimenta el problema) e “intersubjetiva” (visión de la comunidad local, o etnoecología). Estos cuatro aspectos constituyen la “tétrada” Experiencia-Cultura-Comportamiento-Sistema. Estas dimensiones son irreducibles, ya que las percepciones que tienen el poblador local, la comunidad, el investigador y la comunidad científica son diferentes y aportan diferentes grados de conocimiento sobre el problema y/o solución (Esbjörn-Hargens y Zimmerman, 2009). La conjugación de estas cuatro dimensiones define lo que se conoce como “ecología integral”.

Los pobladores locales del Chaco Árido han logrado desarrollar a lo largo de generaciones un complejo sistema de conocimiento ecológico a través de la construcción cognoscitiva individual y colectiva de su propio espacio. Han logrado conjugar su propia percepción del ambiente, a través de ensayos de prueba y error, con conocimientos científicos que han logrado asimilar y reestructurar a partir de la información ofrecida por técnicos intervinientes y medios de comunicación.

A continuación se ofrecen algunos ejemplos de lo recopilado en entrevistas, recorridas a campo, talleres y reuniones interinstitucionales, acerca de la percepción local sobre el clima y su influencia sobre el ambiente.

### **Interpretaciones sobre el clima**

Para los pobladores locales la producción es el principal indicador de las condiciones ambientales. *“Cada vez llueve menos”, “antes... llovía más que ahora”, “aquí la lluvia es enteramente seca”,* comentan productores de Salinas Grandes (Catamarca) y Chancaní (Córdoba), en clara alusión a que existe menos pasto disponible para los animales como consecuencia de la menor infiltración de agua en el suelo (a pesar de que las precipitaciones en esta área tienden a aumentar en el tiempo, ver Capítulos 2 y 3). Esta afirmación confirma que los pobladores “miden” la lluvia efectiva, en relación a la respuesta de la vegetación a la precipitación. *“Capaz que llueva lo*

*mismo, pero llueve distinto*... más hacia el invierno, y dicha lluvia *“no le sirve tanto a las plantas”*. *“Antes siempre llovía, los animales estaban muy bien”*. *“Se festejaba”*. *“Puede ser por la deforestación que llueve poco”*. *“La destrucción afecta el clima y nos afecta a nosotros”*.

*“Se me murieron como cincuenta animales”* como consecuencia de la “sequía” ocurrida entre 2008 y 2010 en casi toda la región (fenómeno al cual llaman “epidemia” por la falta de pasto). *“Hace tres años que llueve parejo”* (llueve poco; 2008 a 2011), aunque *“antes hubo cuatro años muy buenos”* (2004-2008; ver Figura 3.3). *“Hay años buenos y malos, y dentro de los años épocas buenas y malas”*, en relación a la estacionalidad de las lluvias. Si bien durante el período 2008-10) llovió menos respecto a la línea de tendencia, los promedios de lluvias fueron de 670 y 605 mm anuales para las campañas 2008-09 y 2009-10 respectivamente (sobre un promedio histórico de 450 mm anuales).

Las altas cargas animales (en relación a la oferta específica de cada ambiente), que no fueron reducidas por los productores, a pesar de que el área de pastoreo disminuyó en algunas zonas por la instalación de alambrado perimetral de campos alledaños, provocaron la regulación natural de las cargas a través de la muerte y reducción de los índices reproductivos de los animales.

Se reconoce la importancia del “sereno” (rocío) que cae durante el invierno, lo que aporta a los pastos y arbustos algo de agua. Gracias a esto en el año 2005 *“no estuvieron tan mal los animales gracias al yuyo”* (arbustos).

El granizo también es importante, no sólo como factor desfavorable, sino como mejorador de las condiciones de suelo, ya que según los pobladores rompe las costras superficiales de los mismos y permite la germinación de ciertas especies vegetales.

En áreas salinas, el viento es responsable de la formación de médanos, los cuales se forman por el frenado de las partículas de arena por matas de arbustos, y luego evolucionan a “bordos” donde puede crecer una vegetación

poco adaptada a salinidad. Estos ambientes son reconocidos desde el punto de vista forestal como parches dentro de las salinas. También por efecto de los vientos “*el monte se llena de tierra y (los animales) no comen (los pastos o arbustos)*”. “*El médano tapa mucho el pasto*”. Por influencia de los vientos las represas se colmatan, “*se tapan sólo porque no se desbarran; falta con qué*”.

Respecto a las heladas, “*cuando hela no hay pasto*”, lo cual reduce las reservas de pasto para los animales.

La implantación de especies exóticas como la tuna (*Opuntia ficus-indica*) y el atriplex (*Atriplex nummularia*) depende mucho de las condiciones climáticas y del agua del suelo. “*Los cubanos (en alusión a técnicos que llegaron a la región para dictar talleres de capacitación) decían que a las pencas había que plantarlas de oeste a este (para que el agua de lluvia, proveniente del sur sea captada por la palma y se insuma mayor cantidad de agua), pero yo les dije que había que plantarlas al revés*” (norte-sur), para el aprovechamiento de la radiación y para evitar la influencia de los vientos del sur.

La luna también es un factor climático-ambiental que se tiene muy en cuenta. Los ancianos comentan que para talar los árboles hay que hacerlo en cuarto menguante para asegurar el rebrote del árbol (ya que la savia baja hacia las raíces y conserva reservas). (Sí cortamos) “*palos para los alambrados, hay que cortar con la luna, duran más*”, aunque “*antes duraban mucho más*”.

Lo mismo ocurre con la siembra en chacras. Si lo que se quiere sembrar son especies que dan órganos de reserva subterráneos se debe sembrar en cuarto menguante, mientras que las especies que dan fruto se deben sembrar con luna nueva-cuarto creciente. Este último es muy común en casos de siembra de cucurbitáceas para el autoconsumo.

## **Fenología o “de cómo hablan las plantas”**

Existen en el Chaco Árido especies que los pobladores consideran más importantes que otras, tal es el caso del algarrobo negro (*Prosopis flexuosa-Prosopis nigra*) sobre el cual los pobladores conocen a la perfección los ciclos fenológicos. Tal es el caso de los conocimientos recopilados sobre el ciclo de vida del algarrobo negro:

- **Floración:** la misma es bastante constante de un año para otro, aunque *“este año (2003) han florecido como nunca”, “será por el clima seco y caluroso que tuvimos, que ayuda a mejor floración”,* con 358 mm de promedio (ver Figura 3.3), muy por debajo del promedio bidecadal de 650 mm. Empiezan a florecer *“recién a los 8 años de vida, poco y sin fuerza”,* pero si son de rebrote de raíz, *“capaz que florezcan al año...no así si son de rebrote de tronco o rama”.* La época de floración es variable y depende del *“calor de primavera”,* y hay *“sitios del campo donde se adelanta”* y también varía entre los algarrobos: *“no todos los algarrobos se comportan iguales”.*
- **Fecundación:** los algarrobos necesitan ser fecundados en forma cruzada en especial por medio de himenópteros, siendo las condiciones al momento de la fecundación crítica: *“si llueve cuando las flores están maduras no hay cuaje”.* Las *“heladas tardías pueden quemar los pimpollitos”.*
- **Fructificación:** para que haya buena producción de frutos debe haber primero cuaje y época seca, pero luego tiene que haber lluvia, y que *“no sople con fuerza el viento norte”.* Y tampoco mucha lluvia cuando *“está amarilleando porque se pudre”.* *“Y que no vengan los loros...”.* Hay años buenos y años malos: *“son más los años malos, antes había más fruta”.* *“El algarrobo es como el olivo...vecero: si en un año produce mucho, al año siguiente produce poco”.* También se menciona el “mito” de que los algarrobos cuando están solos, *“se ponen tristes y no producen frutos”,* aunque esto es verdadero, ya que requiere para

su fecundación de árboles vecinos, puesto que son autoincompatibles (protoginia).

- Dispersión de semillas: las semillas de algarrobo se diseminan por los animales, que comen los frutos y con las deyecciones es liberada la semilla escarificada. Los *“mejores animales para desparramar la semilla son los burros y los caballos, y luego la vaca... y algo las cabras y ovejas... y también los zorros”*. Además las deyecciones sirven como sustrato que conserva la humedad y ofrece nutrientes luego de la pérdida de los cotiledones. *“Donde descansan los animales salen muchas plantitas, parece un almácigo”*. Para germinar con fuerza necesitan de agua en primavera o al principio del verano y *“si no los agarran los roedores o la hormigas cuando son tiernitos, capaz que lleguen a ser buenos adultos”*. *“A veces se salvan porque crecen protegidas, y claro, también si las protegemos con alguna rama espinuda”*.
- Rebrote: Algunos algarrobos vienen de la raíz de los adultos, pero tienen poca fuerza ya que no desarrollan “el macho” (raíz pivotante y anclante) y *“con vientos fuertes se tumban con facilidad”*. *“Hay mucho ‘árbol’ nuevo, no hace falta plantar... hay que esperar que crezcan no más”*.
- Crecimiento: para crecer *“necesitan de mucha luz y aire”*, no toleran las sombras densas, *“así, debajo de los mistoles (Ziziphus mistol) no va a encontrar ninguna plantita de algarrobo”*. Para que crezcan fuertes *“nadie le tiene que hacer sombra, ni siquiera sus padres”*. *“Y los pocos que crecen bajo la sombra están torcidos, buscando la luz y más, no florecen ni producen frutos”*. Al algarrobo negro *“no lo dañan mucho los animales, algo las cabras, pero no les gusta tanto como a los blancos”*.

La floración de algunas plantas ha sido asociada a condiciones climáticas: *“El palo cruz está en flor; va a llover”*. Esta especie (*Tabebuia nodosa*) y el cardón (*Stetsonia coryne*) son los “barómetros del monte” que indican

precipitaciones en el lugar, *“a veces mienten... pero nos queda la esperanza”* (Karlin et al., 2010c). La ciencia “explica” este fenómeno dado la respuesta que tienen algunas especies a cambios de la presión atmosférica.

El cardón (*Stetsonia coryne*) es fundamental para el mantenimiento de las cabras y vacas, sobre todo por el aporte de agua, ya que produce fruta durante todo el año que es aprovechada por estos animales. *“Más meses mantienen a los animales”*. *“No así el ucle, que sólo produce en poco tiempo”*

El chañar (*Geoffroea decorticans*) produce frutos utilizados para consumo humano o animal, aunque *“a veces hay y a veces no”* en relación a la vecería de la especie. *“Cuando hay seca (sequía), prende la fruta”* ya que *“cuando llueve pudre la base de la flor”*.

## **Ambiente**

Para estos pobladores, los ambientes no son estáticos, sino que cambian en el tiempo: *“Aquí donde estamos parados, hace unos años era pura sal”*. Respecto a la dinámica ambiental *“hay muchos médanos que vuelan”*, *“se vuelan porque está muy seco”*, formando los “bordos” o dunas. *“Los bordos más chicos tienen unos veinte años”* y se forman por acumulación en los matorrales. Los barreales se forman por acumulación de materiales de distinto origen: *“Tienen unos tres metros de arcilla y después arena”*, producto de la acumulación de distintos materiales como consecuencia de diferentes condiciones paleoclimáticas.

Ciertas especies vegetales son constructoras de suelo: *“El manea caballo (Lippia salsa) tiene guía y voltea el caballo, por eso se la llama así”*. *“Es de flor blanca y las guías forma un tejido sobre la salina”*, el cual aparentemente estabiliza los suelos frente a la erosión o incluso permite la evolución hacia otros ambientes.

El impacto de la desertificación se debe, según los pobladores, al *“mal pastoreo”* (no al sobrepastoreo) y a la tala de árboles, lo que significa menor cantidad de biomasa y protección al suelo, lo que se traduce a su vez en que

el suelo se “*enflaquece*”, que se “*cansa*”, o en la jerga técnica “*tiene menor contenido de materia orgánica*”, y por lo tanto no retiene la humedad de las lluvias y entrega pocos nutrientes a las plantas. Debido a las altas temperaturas y ausencia de protección en esta región, se “*quema*” el suelo, perdiendo sus nutrientes, no pudiendo reponerlos por el escaso aporte de biomasa.

Existe coincidencia entre los pobladores que la falta de agua es el problema más importante con el que tienen que lidiar. “*Si hay agua, hay vida*”.

Las comunidades del noreste de la región del Chaco Árido, reconocen que la calidad del agua depende de su ubicación y su relación con respecto a áreas salinas: “*Hay buena agua al poniente*” (noroeste de la salina de San Bernardo). “*Los pozos con agua de rezumen cerca de las represas son mejores que los otros*”, con grandes diferencias sobre el estado sanitario de los animales.

“*El agua se va en poco tiempo. Las represas están tapadas (colmatadas)*”. La reducción en los volúmenes de agua de las represas y pozos balde concentra las sales: si se largan las cabras a comer al monte “*la majada no vuelve porque el agua es salada*”.

En áreas salinas los pobladores reconocen tres grandes sub-sistemas de pastoreo, haciendo a su vez subdivisiones de acuerdo a la calidad de forraje: “los altos” constituidos por las dunas, el monte con influencia salina y el monte con escasa influencia salina; “los bajos” constituidos por la salina vegetada, llanos inundables y barreales; y el área peridoméstica (ver Figura 5.6 y Figura 6.1). Este ciclo de pastoreo es fundamental como estrategia para el mantenimiento del ganado frente a las fluctuaciones climáticas estacionales y anuales. “*Los animales se mantienen* (en épocas de sequía) *con el monte*”. “(A) *los que no tienen monte, se les mueren los animales porque no hay pasto*”.

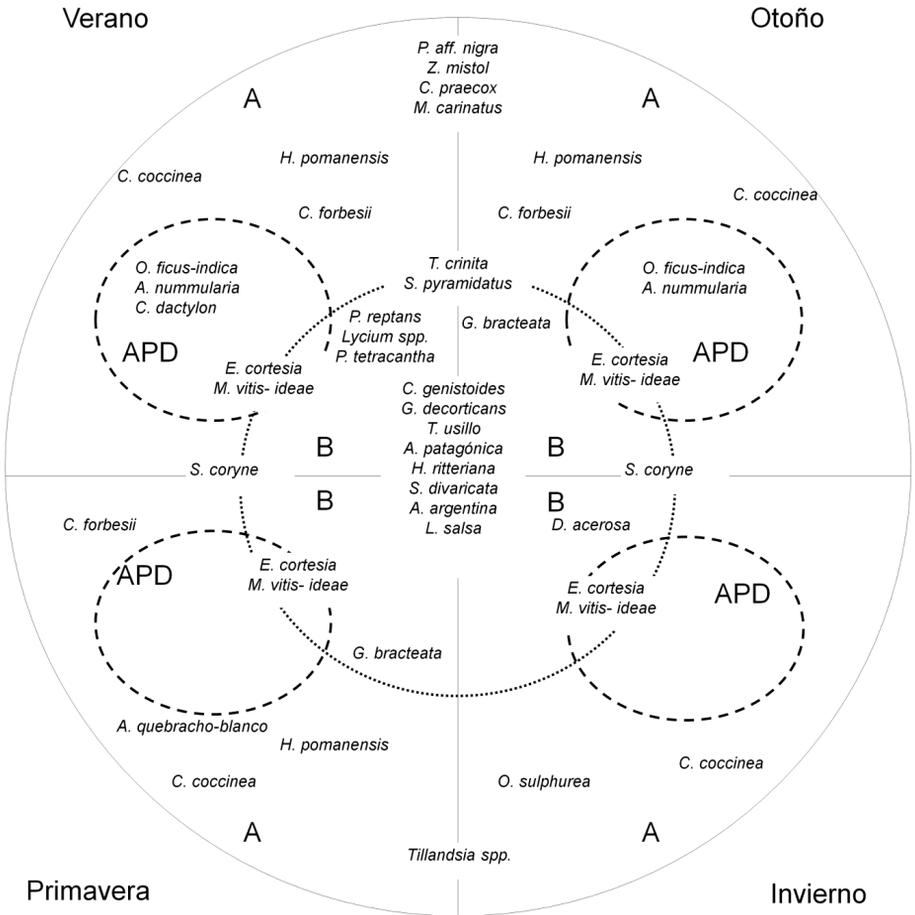


Figura 6.1: Esquema de distribución espacial y temporal de las especies forrajeras más importantes. A: Altos; B: Bajos; APD: Área Peridoméstica (Fuente: Cavanna et al., 2010).

El primero de los sub-sistemas es más importante durante el verano por la presencia de Poáceas, por especies leñosas como algarrobo (*Prosopis aff. nigra*), mistol (*Z. mistol*), mistolillo (*Castella coccinea*) y lata (*M. carinatus*), importantes tanto por su aporte de hojas y frutos como forraje, y su capacidad de hospedar claveles del aire o azahares (*Tillandsia spp.*).

Los “bajos” son sub-sistemas que constituyen un importante reservorio de forraje durante el invierno y la primavera, época con escasos recursos forrajeros en los “altos”. “*Falta pasto en septiembre, octubre y noviembre*”. “*Los animales que van al monte se mueren, no los que van a la playa (salina vegetada)*”. “*Los animales van a comer a la salina, a unas cinco leguas*”. Estos sub-ambientes mantienen durante el invierno condiciones de humedad que permiten el desarrollo de diversas especies arbustivas como palta (*Maytenus vitis-ideae*), el cual “*incrementa la leche de las cabras*”. Según los pobladores esta especie busca la humedad de la napa salina. Otras especies importantes son el cachiyuyo (*Atriplex argentina*), palo azul (*Cyclolepis genistoides*), maíz de suri (*Ehretia cortesia*) y otros, manteniéndose verdes por más tiempo, y siendo más palatables. Estas especies son las responsables de mantener un buen balance mineral y proteico en los animales. Asimismo, se encuentran cactáceas, importantes por su aporte de agua, y por mantener la buena sanidad en los animales.

En la salina vegetada, el pasto guanaco (*Distichlis acerosa*) es muy importante para los sistemas ganaderos sobre todo en la época invernal donde escasean los forrajes de otros ambientes. Para que los sistemas ganaderos funcionen correctamente es necesario contar con una superficie importante de este ambiente, sin restricciones de paso, es decir sin alambrados.

El área peridoméstica, con evidentes signos de sobrepastoreo, presenta oferta forrajera escasa. Aquí se encuentran los corrales donde se ofrece a los animales en forma controlada forraje como palta (*M. vitis-ideae*), claveles del aire (*Tillandsia spp.*), penca (*O. ficus-indica*) y el atriplex (*A. nummularia*), éstas últimas dos, exóticas, cultivadas y bajo riego.

La importancia de contar con diferentes sub-ambientes estriba en la constitución de un particular ciclo de pastoreo a lo largo del año y aún diariamente. Los pobladores, al poseer grandes extensiones de campos comuneros, sin delimitación de alambrados entre los sub-ambientes, cuentan

con una amplia variedad de especies que se adaptan a cada situación ambiental, con una oferta continua de forraje en cantidad y calidad (Cavanna et al., 2010). El alambrado reduce la oferta forrajera de los animales: *“Los animales no pueden circular”*.

En el caso de campos delimitados con alambre perimetral, las cabras pueden atravesarlo y pastorear campos vecinos, siendo esto reconocido por los productores: *“Comen pasto del vecino”*.

Los pobladores saben que la presión de pastoreo de los animales disminuye desde las aguadas a áreas alejadas. Por esta razón, en campos aledaños de diferentes comunidades que no están separadas por alambrado, los pobladores hacen superposición de pastoreo (con acuerdos de palabra), conociendo hasta donde llegan los animales de cada comunidad. De esta forma, zonas alejadas de las zonas de sacrificio son mejor aprovechadas ya que animales de ambas comunidades aprovechan las pasturas y se evita el subpastoreo que podría ocurrir en caso de haber alambrado.

### **Percepción de los técnicos y políticos**

*“El cambio climático está de moda y es necesario aplicar políticas de desarrollo en los países en vías de desarrollo para mitigar sus efectos”*. Esto es lo que diría un funcionario del Banco Mundial, del PNUMA o el PNUD, marcando las agendas de los gobiernos.

Se olvidan que gran parte de la responsabilidad la tienen los países desarrollados. Se licitan las presentaciones de proyectos que sigan los lineamientos mínimos marcados por la ortodoxia científica, tal como los definidos por el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC). Es necesario fijar a toda costa los gases de efecto invernadero en los pozos de carbono del tercer mundo para que los países desarrollados puedan seguir desarrollándose, acentuando los desbalances económicos entre los países del G8 y los países subdesarrollados.

Existen técnicos realmente interesados en que la pobreza estructural de los pobres del país se supere o se morigere, y están aquellos mercenarios del desarrollo que aplican prácticas que hacen a los pobres más dependientes de los subsidios.

Abordar una temática como el cambio climático asociado al cambio climático es muy delicado ya que es necesario un diagnóstico social y productivo adecuado y sin sesgos de ningún tipo.

Uno de los problemas más serios que visualizan los técnicos son los fracasos de los proyectos de “Desarrollo Sustentable” en todo el país (y en otros países, inclusive los desarrollados).

Fracasos atribuidos o a los mismos campesinos (“*no se organizan, no les interesa reforestar, no les interesa lo que proponemos*”), o fracasos a veces atribuidos a los mismos proyectos (“*son distintos los tiempos nuestros y de ellos, no captamos lo que quieren, no nos entienden*”).

La teoría ecológica de los técnicos y su concepción del desarrollo sustentable, choca con la realidad tan compleja de ecosistemas tan heterogéneos y climáticamente variables como los de las zonas semiáridas. La sustentabilidad y la reproducción de la vida campesina desde los productores probablemente sean distintos a las aspiraciones de técnicos y decisores políticos.

Así su percepción, aspiraciones y estrategias, desde su situación supuestamente marginal, probablemente no pase por maximizar beneficios de sus tierras, ni tampoco por optimizarlos sobre la base de la seguridad, sino por dar seguridad a hijos y nietos, lo cual puede pasar por una migración “*a mejores lugares con esperanzas de mejor futuro*”, y que la importancia que le asignan ellos a los técnicos sea la de sentirse “*acompañados no más*” o que “*son como de la familia*”, y no por las recetas técnicas, apuntando más al valor simbólico y no al valor económico.

La estrategia clásica de algunos técnicos es el paquete tecnológico: “*Capacitar al productor, de arriba hacia abajo*”; “*de la teoría para adaptar la*

*realidad*"; *"de la tecnología para modificar la naturaleza"*, y si hay fracasos y... *"será por el clima que este año no fue normal"*, como si *"la anormalidad"* no formara parte de esta realidad.

La percepción de los políticos es similar muchas veces, quienes siguen las recomendaciones de los especialistas: *"Para solucionar la emergencia agropecuaria de este año entregaremos subsidios de \$82.000 para aplicarlo al rolado y siembra de buffel grass"*, como si fuera la panacea universal.

### **Percepción de los empresarios**

También tienen sus mitos. En general no viven en el campo, por lo que no tienen un contacto directo con los signos del ambiente, y muchas veces no conocen la dinámica del mismo.

Apuntan a la rentabilidad, así lo importante son por ejemplo los kilos de carne logrados por hectárea, la cantidad de terneros y el precio obtenido en el mercado.

Confían en la tecnología y en la buena administración, olvidando muchas veces las oscilaciones climáticas y su efecto a veces devastador sobre el sistema productivo.

La mayoría apunta sólo a la vaca, y la relación de esta con *"el mar de pasto"*, en detrimento del estrato arbóreo y arbustivo. El sistema se transforma así en un monocultivo. El desmonte selectivo es para ellos uno de los factores claves para el éxito de la empresa: eliminar en su totalidad al estrato arbustivo y dejar sólo algunos árboles, con lo cual obtendrían una gran masa de pasto. Implantar pasturas exóticas es otro factor a que se apunta, ya que producirían más y de mejor calidad, con excelentes rendimientos... durante 3 años, y luego el total decaimiento del sistema y su consecuente desertificación.

Se adapta el ambiente a la vaca, y no la vaca al ambiente. Se descartan en la mayoría de las veces de otras posibilidades de producción, más acordes con el ambiente, como la apicultura, la cabra, de productos forestales tanto

madereros como no madereros, aprovechamiento de la fauna, etc. O aún mejor, a la combinación de varias producciones, el llamado uso múltiple del espacio.

Muchos técnicos y sus instituciones no sólo adhieren a la “vaca solitaria”, sino que lo fomentan.

## **Reflexiones**

La aplicación de tecnologías sin la adecuación en base a diagnósticos climáticos serios y sin contemplar la percepción local han logrado en muchos casos desestructurar las prácticas de manejo tradicionales, que han sido ajustadas a lo largo de décadas a través de ensayos de prueba y error. Frente al cambio climático los productores rurales leen los cambios ambientales a través de los resultados productivos, adecuándose a las nuevas condiciones, aunque en forma desfasada ya que estos deben aprender a interpretar estos cambios y en algunos casos, remitirse a situaciones similares del pasado.

La delimitación con alambrados, como paradigma del “progreso” en el ámbito rural y como ícono de posesión individual, reduce la posibilidad de aprovechamiento de esta biodiversidad espacial y temporal, como estrategia frente a las fluctuaciones de tipo climático y económico.

Deben revisarse los protocolos en el armado de proyectos de “desarrollo”, adecuar mejor las tecnologías tradicionales en vez de aplicar nuevas, y fundamentalmente “aprender” y “aprehender” las claves de la percepción de los pobladores locales, incorporándolas junto a la saber científico en una “ecología integral” que abarque las cuatro dimensiones: Experiencia-Cultura-Comportamiento-Sistema.

# Capítulo 7 Breve historia climática y ambiental de la región

Para comprender mejor el estado actual del Chaco Árido, es importante recurrir a su historia climática y ambiental, ya que nos puede explicar la situación actual, y aún servirnos para planificar el futuro.

Los períodos comprendidos en este capítulo corresponden a la época prehistórica/preincaica, incaica, conquista y colonización española, virreinato, independencia y etapa moderna.

Muchas de las fechas citadas en este capítulo sobre eventos sobresalientes del clima se muestran en la Figura 7.1.

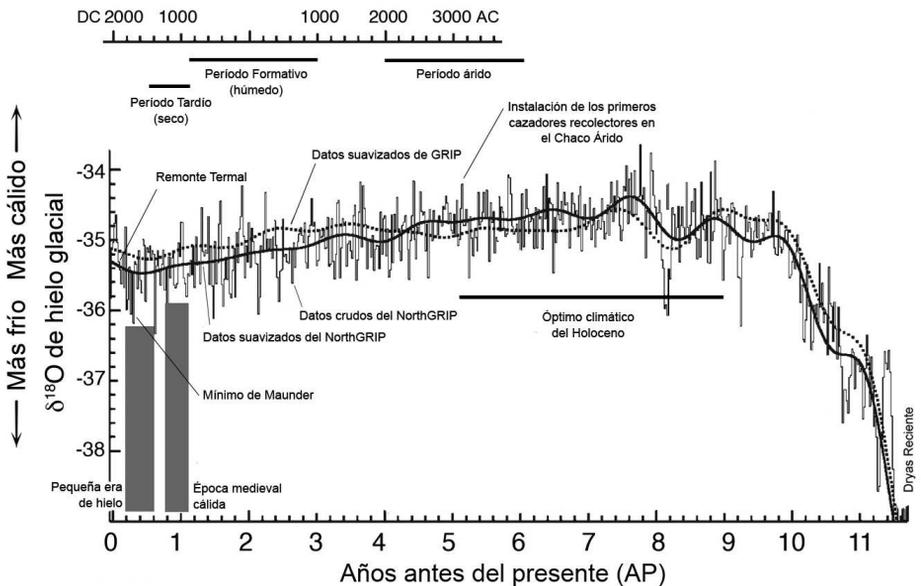


Figura 7.1: Registros isotópicos de los núcleos de hielo extraídos de las estaciones GRIP y NorthGRIP, Groenlandia (modificado de Johnsen et al., 2001).

## **Época prehistórica y preincaica (ca. 10.000 a.C – ca. 1490 d.C.)**

Los registros paleoclimáticos para la región del Chaco Árido son escasos. Sin embargo, Rojo et al. (2012) detallan en su trabajo, desarrollado en el extremo de esta ecorregión, las condiciones climáticas dominantes para las Salinas del Bebedero. De acuerdo a las características geográficas es de suponer que las condiciones climáticas que aquí se detallan son extensibles a gran parte del Chaco Árido. Se utiliza aquí el Antes del Presente (AP), que toma el año 1950 como referencia.

De acuerdo a estos estudios, esta cuenca sufrió una progresiva reducción del nivel lacustre desde los 12.600 años AP (durante el Dryas reciente) y fue disminuyendo hasta los 3600 años AP, alcanzando los niveles actuales. La cuenca habría recibido aportes hídricos de agua de deshielo de la cordillera recolectada y encausada por el sistema Desaguadero-Salado y el arroyo Bebedero. Actualmente el sistema está desconectado de la cuenca. Los valores más basales de la estratigrafía (correspondientes a los 12.600 años AP) muestran bajas concentraciones polínicas lo que indicaría baja cobertura vegetal y por lo tanto condiciones de mayor aridez.

La dominancia de polen de Chenopodiaceae a lo largo de toda la secuencia indica que a pesar de posibles fluctuaciones en los aportes hídricos esta cuenca habría sido salina desde el pleistoceno tardío. Sin embargo entre los 12.600 y los 3.600 años AP se observa un descenso en las concentraciones de polen de Chenopodiaceae y un aumento en el polen de especies xerófilas, similares a las que se observan en la actualidad.

A fines del Óptimo Climático del Holoceno hace unos 5000 años, viajeros del norte y del sur se instalaron en las sierras de los Llanos y sierras circundantes, para echar las bases de una cultura mixta “rudimentaria”, transformada luego por el afluir permanente de contingentes indígenas cazadores-recolectores (Corzo, 1994) cuyo punto de convergencia eran los valles fluviales de las serranías, y desde allí aprovechaban la rica llanura riojana. Aparentemente este período (6000-4000 años AP) habría

correspondido a un período árido en relación a las evidencias fósiles encontradas por De Francesco (2010).

Los pueblos nómadas ocuparon a su llegada las faldas montañosas, cerca de fuentes de agua, donde se aseguraban la caza. Además aprovechaban los frutos silvestres que les proporcionaba el bosque, principalmente algarroba, la cual depende principalmente de la intensidad y momento de caída de lluvias. Producían cosechas periódicas (Corzo, 1994) lo que indica que contaban con fuentes de agua suficientes y suelos fértiles. Las tribus compartían tecnologías similares, quizá debido al intercambio de conocimiento y bienes que se realizaba en esta extensa región. Una de estas características compartidas era la práctica de una agricultura intensiva en los valles, laderas y quebradas. Esta actividad requirió del manejo de sistemas de riego y de un permanente desarrollo tecnológico que implicó un conocimiento agroecológico y astronómico muy perfeccionado (Pizarro, 2006), y quizá mejorado por la posterior influencia incaica.

En los llanos alternaban la caza del guanaco con los suris, transformando la carne en charqui para facilitar su transporte y conservación. La vida en los llanos, lejos de las vertientes serranas y bajo las condiciones climáticas reinantes, obligó a los aborígenes a construir pozos para almacenar agua de lluvia.

Durante el período Formativo (3000-1100 años AP) se da el surgimiento y desarrollo de las sociedades agrícolas en el Noroeste Argentino durante un período aparentemente más húmedo. Para este período el esquema de creencias gira en torno a deidades relacionadas con el sol y la tierra y existe una diferenciación importante con las manifestadas previamente por los grupos de cazadores y recolectores (Gómez Augier y Caria, 2009).

El Tardío (1100-550 años AP) se diferencia del período anterior por un fuerte crecimiento demográfico y por la aparición de sociedades clasistas que poseían territorios bien controlados y defendidos desde los pucará. La irrigación, los recursos y la ganadería son controlados fuertemente por las

clases altas, mientras que el trabajo comienza a dividirse de acuerdo a las clases sociales (Gómez Augier y Caria, 2009). Todo esto ocurriría como estrategia social frente a la escasez de los recursos. La religiosidad parece moverse así de un culto solar a otro relacionado con el agua y los fenómenos atmosféricos asociados a ella (rayos, nubes, truenos y tormentas).

### **Época incaica (ca. 1490 – 1527)**

Esta etapa estuvo signada por parte de la Pequeña Era de Hielo (ca. inicio siglo XIV hasta mediados siglo XIX), aunque no está claro aún si las evidencias paleoclimáticas (mayormente encontradas en el hemisferio norte) aplican a para esta región.

A fines del siglo XV irrumpió el inca conquistador, y aquellos hombres dóciles y fuertes de la región fueron afectados al servicio de chasquis, a la construcción de tambos, pucarás, caminos y a la agricultura intensiva, pasando de esta manera a una etapa acultural que interrumpió un proceso pluriétnico y multiseccular.

El límite oriental del Chaco Árido era controlado por los soldados del imperio, quienes aparentemente avanzaron sobre los pueblos comechingones. Estos caminos conducían a sitios estratégicos como Pozo Redondo, Chaguaral y Quimilo en las Salinas Grandes, controlando los recursos de caza, de recolección y los pozos de agua naturalmente impermeabilizados (Corzo, 1994). Aparentemente, los barreales también eran lugares a donde asistían con el fin de cazar y para aprovechar el agua dulce acumulada en épocas de lluvia. Se menciona también el avance sobre la actual localidad de Soto como sitio de protección de frontera (Corzo, 1994), y quizás para el aprovechamiento del agua del río homónimo.

En zonas aledañas de las Salinas Grandes, La Antigua y pie de la Sierra Brava, se ubicaban los charquiadores, expertos en la conservación de la carne, ya que tenía asegurada la provisión de sal, agua y caza. Además, las vertientes de la Sierra permitían la siembra de maíz.

Pizarro (2006) menciona la producción de numerosos cultivos locales tales como maíz, porotos, calabazas, zapallos, ají, maní, papa, quinoa, algodón, entre otros en la ladera oriental de la Sierra de Ambato, previo a la llegada de los conquistadores, lo que indica la riqueza de los suelos y la gran diversidad productiva con que contaban los aborígenes locales. Es posible que muchos de estos cultivos fueran traídos por los incas a estas tierras durante los siglos XV y XVI, junto con nuevas tecnologías de regadío.

En cercanías de los Cerrillos y El Retamo (ubicados entre las actuales Chamental y Casa de Piedra) se realizaban extracción de miel de melipona y frutos silvestres, además de tener acceso cercano a sal y agua. También se realizaba la caza del “tigre”, actividad a la que eran afectos los nativos.

### **Época de la conquista y colonización española (1527 – 1776)**

Esta etapa se caracterizó por presentar un clima frío y húmedo correspondiente a la Pequeña Era de Hielo. También se presenta el Mínimo de Maunder (1645-1715), caracterizado como un período de ausencia de manchas solares y por una reducción en las temperaturas medias del globo.

Tanto para Argentina como para Chile los escritos españoles hacen referencia a lluvias torrenciales, inundaciones y escasez de cosechas (Gascón y Caviedes, 2012).

Las expresiones religiosas resultan del sincretismo entre las creencias tradicionales y la religión cristiana traída por el español. Estas se orientan a una respuesta adaptativa frente a grandes desequilibrios ecológicos, causados en parte por el clima per se, pero fundamentalmente por la introducción de nuevos cultivos, ganado y prácticas agropecuarias traídos por los conquistadores, los cuales alteraron el ecosistema tal como lo conocían los aborígenes (Gómez Augier y Caria, 2009).

La escasez de recursos metalíferos obligó a destinar las regiones ocupadas a actividades agropecuarias (Martínez Estrada, 1942 [2007]). Para ello

debieron organizar y administrar los territorios y la fuerza de trabajo aborigen (Pizarro, 2006) y a sobreexplotar los recursos naturales.

Los españoles impulsaron en la región dos instituciones que transformaron el espacio en unidades de producción agroganaderas y/o artesanales; esta fueron las mercedes de tierras y la encomienda. La primera consistía en el otorgamiento de tierras por parte de la Corona Española a quienes se habían destacado en la conquista como reconocimiento de sus servicios; la segunda consistió en el tributo indígena a los conquistadores a través de servicios personales (Pizarro, 2006).

Las mercedes de tierras desarticularon la organización del espacio aborigen (tierras altas comunitarias y tierras bajas de uso familiar) que dependía del uso de nichos ecológicos diferentes para asegurar mayor variedad productiva y menor incertidumbre de carácter productivo, abarcando parte de las tierras mencionadas y cortando los flujos y ciclos agrícolas. Actualmente, la instalación de terratenientes en esta región provoca los mismos desajustes en los ciclos productivos de las comunidades locales.

En muchas mercedes de tierras del siglo XVI el área abarcada incluía tomas de agua de ríos y vertientes de donde extraían agua las comunidades locales (Pizarro, 2006). Asimismo, se cortaba el tránsito de los animales hacia aguadas en zonas de altura.

Las encomiendas hacían reserva de agua de las vertientes de las sierras en pozos excavados en las laderas, a fin de regular los turnos de riego de los llanos. Esto permitía regar los sembradíos (Corzo, 1994).

La ciudad de San Luis de Loyola Nueva Medina del Río Seco fue fundada entre los años 1593 y 1594, fecha que no se registra en ningún documento oficial de la época.

Esta merced surgió (en parte) como necesidad de controlar la sobre explotación de los bosques de la zona; para esto se asentó un cabildo con la finalidad de regular el aprovechamiento de la madera, el cual abundaba en esa época (Videla Tello, en: Bogino, 2008). La sobre explotación forestal fue

consecuencia de la gran demanda ejercida por Mendoza y San Juan en gran parte para la construcción de carretas que servían para trasladarse a Chile, aunque tal regulación nunca se hizo efectiva. *“Los bosques puntanos brindaron la primera y cordial moneda de muchas transacciones, así como alimentaron la codicia de tantos transeúntes. Porque las lentas tropas que atravesaban la jurisdicción de San Luis se daban tiempo para que sus peones y troperos hicieran buen acopio de madera labrada, sin que de nada valiesen las disposiciones del Cabildo puntano, que con insistencia protestaba contra ese avance que en nada beneficiaba a los pobladores de esta ciudad”* (Núñez, 1980).

En el año 1704, en San Luis se registraba en las Actas Capitulares del Cabildo una fuerte sequía, y donde se convocaba a todo el pueblo a rezar una novena *“...para aplacar la ira de Dios mediante la intercesión de Nuestra Señora de la limpia concepción que esta colocada en la Yglesia Matriz de esta ciudad, por la peste que padese y la gran seca en la campaña...”* (Academia Nacional de Historia, 1941).

Para dichas mercedes puntanas se mencionan chacras para el cultivo de maíz, poroto, zapallo, chauchas, y plantaciones de frutales como higos, duraznos y peras. Para 1725 se registra el cultivo de sandías y, varias décadas después, de melones. Al igual que en los llanos riojanos, el centro-oeste formaba parte de la vía comercial de ganado vacuno que estaba destinada al Alto Perú, constituida en postas.

Frente al Remonte Termal, acompañado por un clima más cálido y seco, el ganado cimarrón se mueve hacia el sur de la región internándose en territorios indios. Los habitantes de Buenos Aires, Córdoba y San Luis que salían de vaquerías tenían frecuentes conflictos con los aborígenes por esta razón. Según Gascón y Caviedes (2012) no eran los indios los que avanzaban hacia el norte, sino todo lo contrario. Además comienzan los conflictos entre los mismos españoles y criollos debido a la competencia por las aguadas y los pastos, escasos en esta época. Esto trajo como

consecuencia que el Corregimiento de Cuyo y la Gobernación de Córdoba del Tucumán reclamaran por la definición de límites precisos, antes difusos (Gascón y Caviedes, 2012).

En 1773 la sequía se registra de nuevo en San Luis, ahora con una plaga de langostas: “...y implorando en el pronto sus divinos auxilios a esta Soberana Señora estamos espuestos toda esta ciudad y su jurisdiccion a experimentar las mayores fatalidades que se previenen con tan notable seca y mortandad que se esta experimentando juntamente la gran copia de langosta...” (Academia Nacional de Historia, 1941).

### **Etapa del Virreinato del Río de la Plata (1776 - 1810)**

Continúa el Remonte Termal y concluye la Pequeña Era de Hielo. El comienzo de esta etapa coincide con una etapa de calor y sequías como manifestaciones del Remonte Termal mundial. Era generalizada la situación en todo el país y esto se traducía en pérdida de cosechas y hambrunas.

Ocurre en 1782 un episodio Niño que trae alivio en algunos casos y penurias por las inundaciones en otros, especialmente en el oeste del país (Gascón y Caviedes, 2012).

Aparentemente entre 1791 y 1799 ocurre en las travesías entre Mendoza y Buenos Aires (pasando por San Luis) una intensa sequía que impide cumplir con los acuerdos comerciales entre Santiago de Chile y Buenos Aires (Gascón y Caviedes, 2012).

Como consecuencia de esto (en parte) el camino real que comunicaba Córdoba con Chile y Potosí, circulando por el Paso San Francisco y pasando por el Valle de Catamarca aumentó su caudal de comercio, llevando arrias de ganado bovino, ovino, mulares y productos procesados transportados por mulas (Argerich, 2003) lo que seguramente provocó una sobrecarga sobre los recursos locales.

En 1803 se registra un ataque de langostas, indicador proxy de sequía en todo el Chaco (Gascón y Caviedes, 2012).

## **Etapa de la Argentina soberana (1810 – 1880)**

A partir de la Revolución de Mayo, en su presentación de las bases para la construcción de la República, Belgrano reclama la libertad del labrador, del artesano y del comerciante, la necesidad de desarrollo de cultivos industriales, la necesidad de poblar tierras, y la conveniencia de promover el comercio interior mediante la construcción de vías de comunicación que alcancen a todos los sectores del país (Argerich, 2003). Asimismo, alertaba sobre la gran presión que se ejercía sobre los bosques, como consecuencia de la industria carretera y astillera: *“parecieron los bosques como el inmenso mar respecto de la corta población que teníamos [...]; hemos visto a los montañeses dar por el pie a un árbol frondoso, en lo más florido de la primavera, sólo por probar el filo del hacha [...]; causa el mayor sentimiento ver tantos árboles muertos [...]; se presiente ya lo detestables que seremos a la generación venidera [...]*” (Montenegro et al., 2007).

Las actividades económicas de la región del Chaco Árido estaban destinadas definitivamente a la agricultura y la ganadería, desapareciendo progresivamente la minería, la industria y la artesanía como consecuencia de la apertura del puerto de Buenos Aires y al contrabando, que luego fue legalizado y reglamentado.

En 1826 asume Rivadavia quien organizó la llegada de población europea para la colonización de los llanos y la explotación minera de sus sierras, las cuales fracasan por la acción de los caudillos (Argerich, 2003), comenzando la larga guerra civil nacional entre federales y unitarios entre 1828 y 1831.

Sarmiento (1845 [2007]) en su “Facundo” describe la región de los llanos como *“un desierto intermedio y sin agua cubiertos de pastos y bosques donde se realiza la cría de ganado, no como ocupación de los habitantes, sino como medio de subsistencia [...]*.

*“Media entre las ciudades de San Luis y San Juan un dilatado desierto que, por su falta completa de agua, recibe el nombre de travesía. El aspecto de aquellas soledades es, por lo general, triste y desamparado, y el viajero que*

*viene de oriente no pasa la última represa o aljibe de campo sin proveer sus chifles de suficiente cantidad de agua”.*

*“Hacia el Oriente [de la Ciudad de La Rioja] se extiende una llanura arenisca, desierta y agostada por los ardores del sol [...]. “...al Sudeste y rodeados de extensas travesías, están Los Llanos, país quebrado y montañoso [...] oasis de vegetación pastosa que alimentó en otro tiempo millares de rebaños”.*

*“El campesino hace represa para recoger el agua de lluvia y dar de beber a sus ganados [...]”.*

Bravo Tedín (1993) comenta que “[l]as guerras civiles provocaron el abandono de las tareas rurales, del cuidado de las acequias y sistema de regadío, por parte de miles de hombres que se dedicaron a regar con su sangre las yermas tierras llanistas. El abandono, entonces, fue político y luego vino el desierto. La guerra trajo el desierto y la sequedad”.

Durante las presidencias de Mitre, Sarmiento y Avellaneda (1862-1880) el país sufre el período de modernización, en la cual se extiende la red de ferrocarriles. El territorio de los llanos termina totalmente ocupado a fines del siglo XIX de acuerdo a los relevamientos catastrales de la época, gracias a la construcción de mejoras como aguadas, aljibes y pozos balde.

### **Modernidad (1880 a la actualidad)**

En las últimas décadas del siglo XIX comienza un período de actividad forestal extractiva en el Chaco, que se extiende hasta mediados del presente siglo. En este período se produce el afianzamiento de la política agropecuaria exportadora nacional, que provoca la inversión del polo de gravitación socioeconómica, desplazándolo del noroeste al centro-sur de la región chaqueña. Este cambio se debe a que la producción agrícola y ganadera del área noroeste ya no puede competir con la producción de la Pampa Húmeda; tampoco puede hacerlo a nivel de producción artesanal, debido a que los artículos de importación tienen un precio menor. Surge

entonces una nueva función del bosque: la de proveedora de productos forestales, función en la cual el ferrocarril juega un papel muy importante.

El ferrocarril es un gran consumidor del bosque; para su propio funcionamiento consume postes para construir durmientes, leña y carbón para la caldera, pero fundamentalmente se convierte en un medio para exportar los productos forestales a distancia. La actividad es de tal magnitud que la Provincia de Córdoba se destaca como el principal centro de leña y carbón a fines del siglo pasado.

La eliminación de especies leñosas fue en un principio selectiva, hacia ejemplares de buen porte y madera dura, en especial algarrobo y quebracho blanco en las áreas llanas, y molle y orco-quebracho en los faldeos. En pocas décadas, a causa de la demanda masiva de combustible, se produce la remoción casi total de extensas áreas del estrato arbóreo y parte del estrato arbustivo.

A principios de siglo el tendido del ferrocarril, no necesariamente pasaba por los asentamientos existentes, los mismos fueron cambiando hacia los lugares donde se establecían las estaciones donde se producía el acopio de leña y carbón, y se podía disponer de agua y otros elementos traídos por el ferrocarril. Así, por ejemplo, la ubicación actual de Chamental, Chapes y Patquía, que antes estaban ubicadas más hacia las sierras donde estaba el agua.

El ferrocarril fue proyectado para transportar los recursos mineros de Famatina y productos forestales de los llanos, pero el principal producto transportado fue el ganado, de gran auge hasta la década del 20`. A partir de entonces, las exportaciones de ganado vacuno a Chile decaen, en parte por restricciones aduaneras, en parte por la menor explotación del salitre, y en parte por el aumento de las cargas animales en la región y el consecuente deterioro ambiental, disminuyendo los stocks vacunos y aumentando los caprinos (Olivera, 2000).

Luego de su retiro de la política, Lisandro de la Torre escribe en 1928 desde Pinas, una gran estancia ubicada al norte de la localidad de Chancaní, a su amigo el procurador Cortés Guerrero, que no ha podido contestar numerosas cartas “[...] *por haber andado en viajes y con algunas complicaciones en la hacienda a causa de la sequía, que quizás por primera vez ha durado este año hasta el 20 de diciembre [...]*” (Bravo Tedín, 1993), lo que caracteriza las condiciones de las últimas décadas que es el corrimiento de las lluvias hacia el verano, debiendo velar los ganaderos por la escasa agua de las aguadas hacia fines de la primavera.

En la década de 1930, la explotación forestal iniciada a mediados del siglo pasado desde el Chaco Sub-húmedo, avanza por el Chaco Semiárido hasta llegar a esta zona, que aunque con menor productividad que las anteriores proveían de combustible a la creciente red ferroviaria. La leña y carbón eran extraídos para el funcionamiento de los ferrocarriles, los cuales pasaban por las explotaciones de sal en las áreas salinas y por las explotaciones de quebracho colorado al noreste de esta región. La extracción de leña y carbón termina con la mayor parte del bosque en un lapso de 50 años, declinando luego este tipo de explotación (Karlín et al., 1994).

A partir de la década del 50 se experimenta cierta recuperación del bosque pero disminuida en calidad. Aumenta el auge de la ganadería caprina, lo cual continúa degradando no sólo el estrato herbáceo, sino también los renovales de los árboles, degradando el suelo.

A partir de la década del 60-70 se introduce a través de los centros de extensión el uso del alambre, la topadora, los herbicidas y las gramíneas exóticas en los campos grandes.

La primera mitad de la década del 70' es una de las peores registradas para el Chaco Árido en relación a las lluvias.

Se desmontan miles de hectáreas de bosque para la implantación de pasturas, lo cual trajo aparejado grandes pérdidas de fertilidad de suelo (Karlín et al., 1994). El bajo valor de las tierras permitió y permite a los

grandes productores comprarlas aprovechando las necesidades de los pequeños productores, realizando desmonte y explotarlas hasta los 4-5 años, justo en el momento en que la productividad es alta pero empieza a decaer, vendiéndola a un mayor precio por supuestas mejoras.

En la década del 80` comienza el auge de los frutales y hortalizas en zonas con regadío, mientras que se instalan los primeros sistemas de riego por aspersión para la producción de cultivos extensivos.

Actualmente, la zona pampeana, que tradicionalmente se dedicaba a la agricultura y la ganadería extensivas, está desplazando la frontera agrícola, produciendo un “boom” en la compra de campos “vírgenes” del norte de Córdoba, para la explotación de ganado vacuno (sea invernada o cría) y/o soja y maíz. Muchos de los campos explotados por grandes empresas se funden por la realización de desmontes totales, al sembrar pasturas exóticas y cultivos extensivos al no tener protección arbórea. Existen en la zona diferimentos impositivos a nombre de empresas con nombre de fantasía, los cuales encubren los nombres de los verdaderos dueños, generalmente políticos o amigos del poder.

La implementación de las leyes de protección forestal supuso un estricto control (a veces exagerado) sobre los obrajes. La imposibilidad de conseguir guías para el transporte de productos forestales, terminó con la mayoría de los obrajes de la región, obligando a los “obrajeros” a cambiar de actividad económica, principalmente a la cría de ganado caprino.

El aumento de las cargas ganaderas caprinas elimina el estrato herbáceo y los renovales de árboles, eliminando la regeneración natural del bosque. La degradación del suelo sumado a las sequías o “epidemias” han obligado a los gobiernos provinciales a dictar leyes de socorro alimentario y emergencia agropecuaria, consistentes en el suministro de bolsones alimentarios, forraje y agua para consumo humano, esto último debido a la ineficiencia de captación de agua de lluvia y los sistemas de almacenamiento.



## Capítulo 8 Desertificación

Las áreas secas son particularmente vulnerables a la variabilidad climática, de la cual la precipitación es el componente más importante. Un cambio ligero en la precipitación estacional y/o en la frecuencia de eventos extremos de precipitación, pueden conducir a la sobreexplotación de los recursos naturales de las áreas secas y contribuir a la degradación de los recursos naturales que sustentan a las poblaciones (Reynolds y Stafford Smith, 2002), conduciendo a la desertificación.

La variación en la precipitación anual está relacionada en muchos casos con variaciones climáticas a escala global. No obstante, existen grandes incertidumbres respecto a la relación entre la desertificación y el clima, que recuerdan al proverbio del “huevo o la gallina”. La desertificación y el cambio climático van tomados de la mano, retroalimentándose positivamente en un ciclo que se va amplificando progresivamente.

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) define la desertificación como *“la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas resultante de factores diversos como las variaciones climáticas y las actividades humanas”* (Maccagno y Karlin, 2003). Por lo general, la desertificación y la degradación de la tierra no son procesos repentinos y espectaculares, sino graduales. La lucha contra la desertificación y la adaptación al cambio climático se refuerzan mutuamente (Holtz, 2003).

La CNULD incluye como áreas potencialmente susceptibles a desertificación a aquellas que presentan índices hídricos entre 0,05 (hiperáridos) a 0,65 (subhúmedos secos) de acuerdo a la escala de UNEP (Middleton y Thomas, 1992).

La República Argentina ratificó su participación en la Convención en el año 1996, tratado y aprobado por ambas cámaras legislativas del Congreso,

habiendo promulgado el Poder Ejecutivo la Ley N° 24.701, que incorpora la referida Convención al ordenamiento jurídico interno. En Argentina el 75% del territorio se encuentra afectado por procesos de desertificación debido principalmente a prácticas agrícolas y ganaderas inapropiadas, manejo inadecuado de los recursos naturales, pérdida de biodiversidad y suelo y disminución de la productividad con la consecuente disminución de calidad de vida de la población implicada (Maccagno y Karlin, 2003).

Por sus condiciones ecológicas y socioeconómicas, el Chaco Árido es una de las regiones de la Argentina más susceptibles a la desertificación, principalmente debido al avance de la frontera agropecuaria, el régimen de tenencia de tierra y la fragilidad del sistema.

El Chaco Árido presenta un Índice Hídrico (Thorntwaite, 1948) que oscila entre -20 y -40, modificado actualmente por el Atlas Mundial de Desertificación (UNEP, 1992) el cual define la relación precipitación / evapotranspiración como grado de aridez bioclimática, ubicando esta región entre valores de 0,20 y 0,40, y definiéndolo como un área semiárida.

## **Causas y procesos de desertificación**

### *Agricultura*

Esta región es particularmente susceptible a desertificación debido a la gran variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones y a los balances hídricos negativos, lo que la hace marginal para la agricultura de secano. Particularmente, para las tierras ubicadas al este de esta región, el avance de la frontera agropecuaria ha estado signada por frecuentes desmontes en los últimos 20 años como consecuencia de los grandes márgenes económicos positivos en la producción de granos. El corrimiento de las isohietas hacia el oeste en este período como consecuencia del cambio climático, aumentó la superficie sembrada bajo secano de cultivos extensivos.

Sin embargo, la gran variabilidad de las lluvias ha generado años en los cuales los rendimientos de cultivos más exigentes en agua han sido menores a los esperados, por lo que los productores se han volcado al monocultivo de soja como cultivo más resistente a sequía que el maíz y por sus mayores márgenes económicos a corto plazo. La reducción en la superficie de monte, la rápida degradación de la materia orgánica luego del desmonte y el bajo aporte en el volumen de rastrojos aportados al suelo están produciendo una pérdida importante de nutrientes por exportación en forma de granos o por erosión hídrica y eólica.

El avance en las tecnologías de riego disminuye la incertidumbre climática (Figura 8.1). Sin embargo, esta tecnología asociada a las altas temperaturas y a la falta de rotaciones, han producido la aceleración de las tasas de mineralización de la materia orgánica y, como consecuencia, una mayor necesidad de fertilización, con contaminación de napas por nitratos. La susceptibilidad a erosión es particularmente importante en esta región por la pobre estabilidad estructural de los suelos, que son predominantemente franco-arenosos.

La facilidad de acceso a créditos y los diferimientos impositivos han permitido crear oasis de riego en zonas con menores precipitaciones dentro de esta región, especialmente en el noreste de San Luis, suroeste y noroeste de Córdoba, Valle Central de Catamarca, norte del departamento La Paz (Catamarca) y áreas aledañas a la ciudad de La Rioja. Se han observado en el Valle Central de Catamarca y en zonas cercanas a la ciudad de La Rioja antiguos diferimientos, principalmente olivícolas, que han sido abandonados debido en gran parte al efecto de la degradación de las tierras, quedando solamente suelo descubierto y formación de médanos, que avanzan aceleradamente hacia tierras contiguas (Figura 8.2).



*Figura 8.1: Círculo de riego en el norte de San Luis, característico del avance de la frontera agropecuaria en el Chaco Árido. © M. Karlin.*

El avance de los oasis de riego hacia áreas cercanas a salinas (por ejemplo los departamentos Ischilín (Córdoba) o Ayacucho (San Luis), al aplicar aguas de riego que muchas veces no son adecuadas para los fines agrícolas, salinizan los suelos que originalmente no eran salinos y reducen su productividad potencial.

Los desmontes para la realización de agricultura provocan migración de la población local debido a la falta de tierras para la subsistencia y por la pobre demanda de mano de obra. Los títulos imperfectos de los pequeños productores no son suficientes para hacer frente al avance de los grandes capitales. También reducen la conectividad de los corredores biológicos, impidiendo el intercambio genético vegetal y animal.



*Figura 8.2: Diferimiento impositivo abandonado donde han actuado los procesos de desertificación, Valle central de Catamarca. © M. Karlin.*

En San Luis, el Valle de Conlara presenta erosión hídrica de moderada a grave como consecuencia de malas prácticas agrícolas, acelerada por las lluvias torrenciales y pendientes moderadas. Existen zonas con ocurrencia de cárcavas y zanjas, formadas por efecto de la influencia de la red vial que hace de divisoria de aguas y por los suelos ligeramente más limosos, susceptibles a erosión hídrica. El avance de los oasis de riego en zonas onduladas de los medanales al noreste de la provincia ha provocado problemas graves de erosión, mientras que al oeste del área agrícola, el uso de aguas no aptas provoca salinización.

La zona papera del suroeste de Córdoba produce la permanente remoción del suelo dejándolo susceptible a erosión hídrica. El riego por gravedad

también ha provocado salinización de tierras, al igual que en los oasis de riego del noroeste de Córdoba.

### *Ganadería y deforestación*

El sobrepastoreo de los pastizales naturales y la tala han promovido un aumento en los índices de suelo descubierto y las tasas de erosión (Figura 8.3). La remoción de nutrientes por exportación como carne y su movilización por erosión, han creado suelos altamente heterogéneos donde se ha asentado una vegetación arbustiva que compite fuertemente con las pasturas e impiden a los animales consumir los pastos que se encuentran bajo su influencia (es decir que aumenta el área desaprovechada de pastoreo).



*Figura 8.3: Erosión eólica de un campo ganadero como consecuencia del sobrepastoreo y tala, límite Córdoba-La Rioja. © M. Karlin.*

Sin embargo estos arbustos son los responsables del mantenimiento y reducción en los índices de mortandad de los animales vacunos y caprinos por su aporte de forraje de emergencia en la época seca. La cobertura de estos arbustos promueve una mayor acumulación de nutrientes bajo su copa y protege el suelo contra la erosión, dejando las áreas inter-arbustos desprotegidos, generando una vegetación arbustiva en pedestal. Estas áreas descubiertas se erosionan y son pisoteadas por el ganado aumentando la compactación del suelo, reduciendo su conductividad hidráulica y haciendo muy difícil su recuperación (Schlesinger et al., 1990).

Los peladales son muchas veces ocupados por especies más resistentes a la baja fertilidad y contenido de agua de suelo, tal como ocurre con las jarillas (*Larrea divaricata* y *L. cuneifolia*) o las breas (*Cercidium praecox*). Esto resta aún más al área ocupada por pasturas naturales, disminuyendo la productividad estacional de los campos. Es común observar en los pedestales la “alfombra del monte” (*Selaginella sellowii*) y otro tipo de biocostras como cicatrizantes y recuperadoras de suelo. Pero donde se presenta la primera es difícil que se instalen otras especies, retardando así su recuperación, aunque esta es formadora y estabilizadora de suelo.

La sobrecarga animal también afecta a la regeneración forestal, ya que el ganado ramonea los renovales tiernos de especies arbóreas tales como algarrobo (*Prosopis spp.*) o quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*).

Las pasturas son más exigentes en nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) y en agua que los arbustos y árboles. Las tendencias del clima indican que es posible que en el futuro haya un aumento de las precipitaciones, aunque más intensas y menos frecuentes, sumado a un ascenso en las temperaturas que aumentarían la evapotranspiración. La mayor variabilidad de lluvias en el tiempo y el espacio más la sobrecarga ganadera favorecerían la generación de arbustales y la eliminación de pastizales naturales, mientras que una mayor evapotranspiración desecaría

más rápidamente el suelo, dejando condiciones desfavorables para el crecimiento de gramíneas (Schlesinger et al., 1990).

El aumento de la biomasa arbustiva provocaría bajo estas condiciones menores probabilidades de ocurrencia de incendios por la disminución de pastizales que son más susceptibles a sus efectos. Sin embargo, durante ciclos de sequía pronunciados, la muerte de los arbustos, los cuales acumulan mayor cantidad de biomasa podrían provocar incendios más espectaculares y peligrosos para los bosques nativos.

Los desmontes totales, en incluso los “selectivos” con implantación de pasturas megatérmicas exóticas, provocan rápidamente una disminución en la fertilidad del suelo por la falta de renovación de nitrógeno al suelo. En pocos años la productividad de estos pastizales termina mermando, dejando un suelo descubierto y altamente susceptible a degradación (Figura 8.4).



*Figura 8.4: Desmonte total con implantación de buffel grass (Cenchrus ciliaris) en franca declinación, Corral de Isaac, La Rioja. © M. Karlin.*

Las áreas salinas son aún más susceptibles a la desertificación debido al alto contenido de sales solubles en el suelo. La eliminación de parches de vegetación hace que la recuperación de la vegetación nativa sea muy lenta, aún bajo condiciones de clausura (Contreras, 2011). Los parches son los responsables de construir islas de fertilidad donde se desarrollan numerosas comunidades vegetales de diferente calidad y riqueza de especies, así como nichos para la fauna silvestre.

En suelos de depresiones, los elevados pH de suelo y anegamientos periódicos provocan desnitrificación y volatilización de amoníaco, mientras que reducen la disponibilidad de fósforo para las plantas (Schlesinger et al., 1990). La instalación de arbustos halófilos adaptados contribuye, por otro lado, a la construcción de micro parches que permiten la acumulación de arenas, donde pueden asentarse nuevas especies menos halófilas, contribuyendo a formar las islas de vegetación. Si estos parches son sobrepastoreados, se produce una regresión en la dinámica de la comunidad, reduciendo la productividad forrajera y la biodiversidad (Karlin et al., 2011).

Estos sistemas salinos son aún más frágiles que áreas de monte, ya que su susceptibilidad frente a pequeños disturbios sobre la dinámica de las comunidades provoca rápidamente procesos de desertificación que son muy difíciles de revertir.

Merecen ser tomados en cuenta los modelos de estado-transición (Hutchinson y Herrmann, 2008) que postulan estados muy estables, sin descartar los procesos de sucesión, incluso aquellos altamente degradados, y que para modificarlos es necesario realizar grandes inversiones energéticas, como por ejemplo poda y raleo de jarillales, latales o garabatales (siempre y cuando se mantengan coberturas de suelo superiores al 60%), para favorecer la regeneración de las pasturas naturales y especies arbóreas, acelerando el proceso de recuperación.

Respecto a las condiciones jurídicas de tenencia de la tierra, una de las estrategias que poseen los pequeños productores es la de cercar perimetralmente campos comuneros que antiguamente estaban abiertos para que el ganado pudiera extender su área de pastoreo, regulando naturalmente la carga animal. Frente a las nuevas condiciones climáticas, socioeconómicas y jurídicas, la delimitación ha provocado un aumento en las cargas animales, degradando las pasturas, reduciendo los índices reproductivos de los rodeos y aumentando la mortandad animal. También el avance de la frontera agropecuaria ha provocado que se cerquen campos, no permitiendo así el uso de ciertos espacios, antes abiertos, a los pequeños productores.

### **Estado de degradación actual**

Las subregiones de las llanuras occidentales, piedemonte y barreales de la Provincia de La Rioja muestran problemas de erosión hídrica severa y grave en un 90% y moderada en un 10%. Las zonas de medanales y llanura oriental presentan un 30% de incidencia de erosión hídrica severa a grave y 50% moderada. La erosión eólica es particularmente importante en los medanales con grado severo a grave en un 90% de la superficie y moderado en un 10%. Los médanos están en un 90% fijados con vegetación (Biurrun, 1996). Los arenales son particularmente afectados por incendios afectando entre el 1 y 5% de la superficie total debido a la baja cantidad de material combustible a causa de la degradación forestal (Prego, 1996). Los bosques remanentes son de rehache, estimándose que han sufrido una degradación intensa en un 80% y moderada en un 20%.

El departamento Valle Fértil en San Juan presenta problemas de erosión moderada por eliminación de cobertura vegetal, pendientes elevadas en el piedemonte y suelos sueltos. La zona de barreales y bajada del sector norte de la subregión presentan altos grados de degradación. El primero está dado por los bajos porcentajes de cobertura y la granulometría arcillo limosa, lo

que los hace muy susceptibles a los procesos de degradación del suelo. El segundo registra alta intensidad de pastoreo y tala, dejando sujetos a erosión a sus suelos (Márquez et al., 2009).

En los llanos puntanos se produce erosión de severa a grave debido a la explotación forestal y sobrepastoreo. Es común ver vegetación en pedestal, indicador de erosión hídrica. El arrastre de materiales forma barreales en partes llanas (Peña Zubiarte y d'Hiriart, 1996). La degradación de bosques y pastizales ha sido intensa en la gran mayoría de la superficie (Anderson, 1996).

La zona norte de La Paz (Catamarca) y sur de Choya (Sgo. del Estero) también han sufrido graves deterioros de los bosques por extracción de madera y confección de carbón, y sobrepastoreo por falta de manejo racional. La influencia salina de las Salinas Grandes y de Ambargasta hace que la recuperación sea más lenta.

### **Síntesis de los procesos de desertificación en zonas semiáridas**

Los ecosistemas semiáridos presentan básicamente los mismos mecanismos de funcionamiento en relación al tipo de clima y suelo dominante

En el siguiente esquema se visualizan las relaciones entre la degradación y los procesos de tala y sobrepastoreo que pueden ser generalizados para muchos ecosistemas similares del planeta, como ocurre en zonas semiáridas del noroeste de México, suroeste de EEUU, el Sahel, o el Sertao brasileño, entre otros (Figura 8.5):

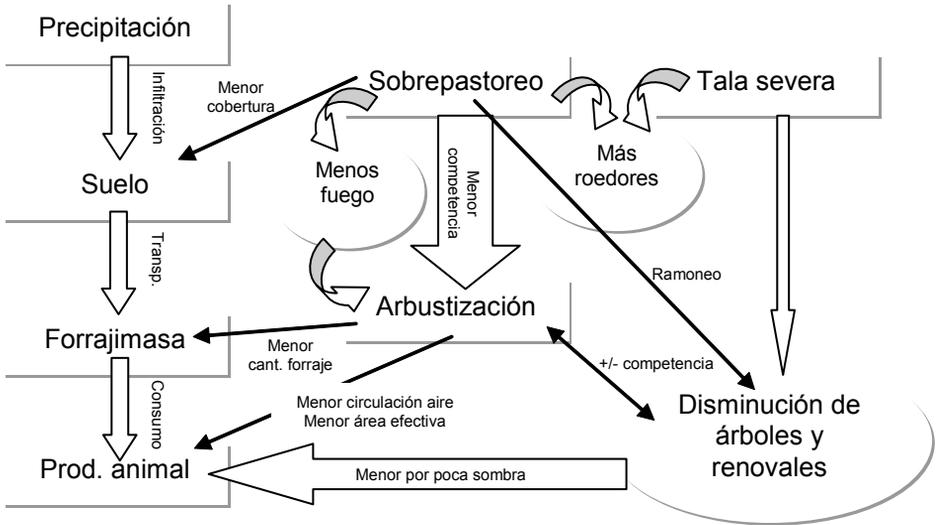


Figura 8.5: Esquema de los procesos de tala y sobrepastoreo (modificado de Karlin et al., 1994).

Las diferentes estructuras vegetales que se encuentran en estos ecosistemas se deben principalmente a disturbios antrópicos tales como el sobrepastoreo y la tala (Figura 8.1), siendo la intensidad del mismo la que condiciona la capacidad de recuperación de la comunidad vegetal.

El excesivo pisoteo y los incendios conducen a una disminución en la capacidad de los suelos de captar agua, aumentando la escorrentía y conduciendo a severos efectos de erosión. Una menor captación y almacenamiento de agua en el perfil reduce la capacidad de los pastos de desarrollarse, sumado a una importante reducción del área forrajable por presencia de arbustos.

La alta intensidad y frecuencia de pastoreo conducen a una menor cantidad y calidad de las pasturas junto a una menor cobertura arbórea, y consecuentemente a bajas productividades ganaderas (especialmente bovinas), colaborando a los procesos de degradación.

Estos procesos degradativos conducen muchas veces a la desertificación del sistema, siendo muy difícil de revertir en el corto y mediano plazo.

### **Filosofía de la desertificación**

Existen innumerables metodologías para la evaluación de los procesos de desertificación, entre ellos el llamado Paradigma de Dahlem (Reynolds et al. 2005), que tiene en cuenta en su evaluación de forma participativa con pobladores locales, teniendo en cuenta variables ambientales, sociales, económicas y aún culturales, y contemplando distintas escalas temporales y espaciales. Aquí se desarrolla, por ser quizás el más reconocido y utilizado, el de estructura “Presión-Estado-Respuesta” dentro del programa de Indicadores de Calidad de Tierras” (ICT) desarrollado por FAO (Dumanski y Pieri, 2001). El mismo se basa en la evaluación de indicadores definidos dentro de tres grandes grupos:

#### *Grupo 1. Presión sobre el recurso tierra*

Los indicadores en este grupo incluyen aquellas actividades que se relacionan al grado de intensificación y diversificación de los usos agrícolas de la tierra y que, como consecuencia, resultan en un aumento de la presión sobre la calidad de la misma. Esto puede incluir el número de cultivos por año o por hectárea dentro de un sistema, el tipo y la intensidad de la labranza, el grado de remoción de la biomasa, la integración con los sistemas ganaderos, el número de productos. Estos indicadores deben ser considerados dentro del contexto de los principales factores socio-demográficos como la presión de la población o la tenencia de la tierra, si bien el último elemento citado no se incluye en los ICT. Esto se debe a que estas fuerzas no tienen influencia directa sobre la calidad de la tierra sino sobre las prácticas que adoptan los agricultores a causa de ellas. Son estos sistemas de manejo y sus impactos los que se desean capturar como ICT

aun cuando los cambios en las fuerzas concurrentes pueden anticipar algunos avisos.

### *Grupo 2. Estado de la calidad de la tierra*

Los indicadores del estado de la calidad de la tierra reflejan las condiciones de la misma así como su resiliencia para soportar cambios a consecuencia de las presiones del sector. Esto puede incluir indicadores que expresen cambios en la productividad biológica (real y potencial), la extensión y los impactos de la degradación del suelo, incluyendo erosión, salinización y otros similares, equilibrio anual y a largo plazo de los nutrientes (o sea exportados o importados por los sistemas productivos), grado y tipo de contaminación (directa o por transporte atmosférico), cambios en el contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua, etc. Los cambios en el estado pueden ser negativos con un manejo pobre o positivo con un buen manejo.

### *Grupo 3. Respuesta(s) de la sociedad*

Los mecanismos de respuesta son normalmente puestos en funciones por medio de acciones directas de los mismos agricultores al evolucionar, o al adoptar sistemas mejorados de manejo de tierras o por medio de acciones complementarias para la adopción de tecnologías conservacionistas estimuladas por programas y políticas económicas generales, agrícolas o de conservación. En algunos casos pueden ser necesarias reglamentaciones o legislaciones ambientales a fin de poder controlar efectivamente la degradación de la tierra. Los indicadores de las respuestas pueden incluir el número y el tipo de organizaciones de los agricultores para la conservación de suelos, la extensión del cambio de las tecnologías usadas dentro de la unidad productiva, estrategias de manejo de riesgos, programas incentivados para la adopción de tecnologías conservacionistas, etc. Los indicadores de respuesta deben ser distinguidos en aquellas categorías promovidas por el

gobierno u organizaciones no gubernamentales, y aquellos que son iniciativa de los agricultores.

Las medidas de mitigación de la desertificación en la región se reducen a la escala de capacitación de pequeños productores a través de experimentaciones adaptativas a nivel de pequeñas parcelas demostrativas. Estas se han realizado a través de Universidades, INTA, Programa Social Agropecuario, PRODERNOA y numerosas ONG's con la aplicación de técnicas de manejo desarrollados para problemáticas particulares.

Mucho se ha experimentado a nivel de manejo ganadero, manejo forestal y huertas para autoconsumo. También se han hecho experiencias sobre manejo racional de agua para consumo animal. Sin embargo, muchas de estas acciones terminan sin ser aplicadas por las necesidades inmediatas de la población o la falta de acompañamiento.

Actualmente se están reevaluando muchas de las prácticas estudiadas y aplicadas por dichos organismos como consecuencia de la baja eficiencia en el combate contra la desertificación. Muchas prácticas se basan en condiciones estructurales que ya no existen, tales como estado del ecosistema, tenencia de tierra, cambios sociales que han provocado la desarticulación e inaplicabilidad de muchas estrategias de desarrollo y recuperación del ambiente. Se tiende a repensar los procesos productivos desarrollados durante el pleno auge neoliberal de los 90', tales como los sistemas "silvo"pastoriles, que terminaron siendo igualmente de peligrosos que los desmontes totales por la falta de comprensión del sistema en su totalidad.

Asimismo, el clientelismo ha terminado de resquebrajar a las sociedades rurales destruyendo la cultura de trabajo y la capacidad de autogestión para la reproducción social de las comunidades locales.

En el Capítulo 10 se discutirán nuevas alternativas, pensando en un retorno a las actividades productivas tradicionales.



## Capítulo 9 Cambios en el uso de la tierra

El cambio climático en el Chaco Árido puede influir de manera directa o indirecta a modificaciones en el uso de la tierra.

Históricamente la región ha dependido básicamente del bosque, a través de la extracción de madera y la producción de carbón, aprovechando las pasturas naturales para la producción de ganado vacuno de cría y cabritos.

La ganadería y la explotación forestal representan el 90% del uso total de la tierra, realizándose sobre pastizales naturales y bosques nativos. Sin embargo ambas actividades se encuentran en franca decadencia, al menos a nivel de explotación familiar, en gran parte por la pérdida de valores culturales vinculados al esfuerzo del trabajo en el monte. La tentación de los jóvenes por emigrar a centros poblados en búsqueda de trabajos más sencillos y rentables está provocando el abandono de los campos que han sido explotados de manera tradicional durante generaciones. Los subsidios, por su parte, logran que los pobladores adultos también destinen menos tiempo al trabajo de campo, alquilándolos para vivir de rentas o vendiéndolos a empresas que cambiarán de forma irreversible los mecanismos de autorregulación de los bosques.

La renta ganadera y forestal ha disminuido como consecuencia de la sobreexplotación de los recursos, a pesar del aumento en las precipitaciones. La visión capitalista actual de los sistemas productivos ha modificado la forma de trabajar de los productores locales: la globalización presiona a los productores a ganar más dinero a costa de la estabilidad del sistema, a fin de satisfacer las “necesidades” de consumo que son impuestas desde afuera.

Nuevas tecnologías como el mejoramiento genético ofrecen a los productores nuevas pasturas, nuevos cultivos y nuevas razas de animales, los cuales “producen más”, siempre y cuando las condiciones climáticas y

ambientales sean estables. Más lluvias aparentes (no efectivas) indican que el monte puede producir más. Esto ha provocado que superficies considerables de tierra sean destinadas a la siembra y a la cría con genética nueva en vez de aprovechar la genética adaptada a las condiciones reales. Como consecuencia, sobre un 4% de la superficie se ha rolando e implantado pasturas exóticas, aumentando las áreas de pastoreo. La agricultura representa el 6% de la superficie total de la región del Chaco Árido, y ese porcentaje contaba a su vez, hacia el año 2002, con un 14% de su superficie bajo riego (INDEC, 2002).

Britos y Barchuk (2008) mencionan para un lapso de 15 años (1987-2002), en el departamento Ischilín (Córdoba), un aumento considerable de explotaciones ganaderas con superficies superiores a 2500 has y una disminución en la cantidad de establecimientos agropecuarios (EAP's) en zonas aledañas a la localidad de Quilino. Esta concentración de tierras es una constante en toda la región del Chaco Árido.

Cabido et al. (2005) mencionan también para el noroeste de Córdoba una fuerte redistribución en la propiedad de la tierra, mencionando una reducción de EAP's menores de 200 has de -34,4% y un aumento de EAP's mayores de 200 has de +30,5 para el norte cordobés durante el período 1988-1999.

El alambrado como tecnología aplicada en esta región era, hasta hace algunos años, virtual. Existía una superposición de uso entre los campos con acuerdos de palabra entre los pobladores, lo que permitía descomprimir la carga ganadera. En la actualidad, muchos de estos acuerdos se han roto, debido a la necesidad de proteger los campos frente a la entrada de intrusos por robo de animales, de topadoras y como estrategia de defensa de la tierra. El reforzamiento de los alambrados perimetrales impiden la salida de los animales y por lo tanto la presión sobre los pastizales es mucho mayor.

Por otra parte, los campos comuneros que colindan con campos comprados por grandes empresas (Castro, 2010; Karlin, et al., 2010a) van cercando a las comunidades, acrecentando los conflictos por la tierra.

Los campos destinados a agricultura se ubican generalmente en el límite del Chaco Árido y el Chaco Semiárido o Serrano para poder realizar los cultivos bajo secano, dependiendo mayormente de las oscilaciones hídricas plurianuales.

La presión del avance de la frontera agropecuaria y la falta de un marco regulatorio a fines de los 90' y principios del 2000 sobre la conservación de áreas boscosas promovió la eliminación del estrato arbóreo y arbustivo en gran parte del Chaco Árido, con la consecuente pérdida de biodiversidad, suelo, fuentes de agua y posibilidades productivas. El destino de las tierras desmontadas ha variado de acuerdo a las subregiones dentro del Chaco Árido, dependiendo de la disponibilidad de agua para riego o uso ganadero, vías de comunicación y centros urbanos para la comercialización.

Así, gran parte del Valle Central de Catamarca y áreas aledañas a la ciudad de La Rioja fueron destinadas a diferentes tipos de explotación bajo la Ley de Diferimientos Impositivos, asentándose principalmente cultivos de frutales, olivos en su gran mayoría, vid y campos de pastoreo con pasturas implantadas.

En San Luis, gran parte de la superficie ha sido destinada a la producción de granos bajo riego, gracias en parte a la construcción de acueductos que atraviesan gran parte de la provincia.

En los llanos riojanos (Provincias de La Rioja y Córdoba) la falta de agua de buena calidad impidió la expansión de este tipo de explotaciones, aunque muchos de los campos de más de 1000 has de superficie fueron desmontadas para la producción ganadera de cría y la implantación de pasturas exóticas. Hacia el sur (zonas aledañas a Villa Dolores, el cultivo de papa que se realizaba en forma tradicional, lentamente está dando paso a la incorporación de sistemas de producción de cereales y oleaginosas, ya sea en secano o bajo riego.

En las zonas de influencia de las Salinas Grandes, los grandes emprendimientos ganaderos también tienen y tuvieron lugar.

Finalmente, en el norte del Dpto. La Paz (Catamarca), el algodón, la soja y el poroto avanzan lentamente desde las áreas de influencia de la ciudad de Frías (al norte de Recreo, Catamarca) hacia el sur, dejando escasa cantidad de rastrojos y degradando el suelo.

La legislación vigente regulada a través de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos 26.331 ha tenido un pobre impacto sobre la regulación de los desmontes, debido en gran parte a la mediocridad de los procesos participativos para el ordenamiento territorial en las provincias, a la inexistencia de marcos regulatorios locales y a la falta de controles.

El porcentaje de bosques y pastizales naturales remanentes por departamento se muestra en la Tabla 9.1. Si bien los valores son de hace más de una década atrás son ilustrativos. Se carece de datos más actuales.

Los departamentos que históricamente han sido más afectados por la deforestación han sido Capayán, Fray M. Esquiú, La Paz y Valle Viejo (Catamarca), Chacabuco (San Luis), San Javier y Tulumba (Córdoba). El área más afectada del Chaco Árido corresponde a la del Valle Central de Catamarca, debido a la superficie destinada a la actividad frutihortícola y a cultivos industriales.

Catamarca y Córdoba presentan los índices más altos de deforestación para la región Chaqueña total, el primero principalmente por el avance de los diferimientos impositivos y el segundo por el desplazamiento de la ganadería a estas áreas. La tasa para el total de la región del Chaco Árido corresponde a -1,15% del total de los bosques nativos remanentes, es decir una pérdida de casi 84.000 has de áreas boscosas y pastizales naturales.

Tabla 9.1: Porcentaje de remanentes de bosques y pastizales en el Chaco Árido por departamento (año 2002).

	Departamento	Sup. Pastizales (has)	Sup. Bosques (has)	% remanente	Tasa anual deforestación 1998-2002 <sup>9</sup>
<b>CATAMARCA</b>	<i>Capayán</i>	949,1	70.887,5	75,0	<b>-2,36</b>
	<i>Capital</i>	35,3	7521,4	99,4	
	<i>Fray Mamerto Esquiú</i>	170,4	1136,1	52,1	
	<i>La Paz</i>	20.026,0	224.570,2	68,3	
	<i>Valle Viejo</i>	1954,5	14.042,4	49,3	
	<b>Subtotal</b>	<b>23.135,3</b>	<b>318.157,6</b>	<b>68,8</b>	
<b>LA RIOJA</b>	<i>Capital</i>	19.585,9	519.466,4	86,5	<b>-0,08</b>
	<i>Chamical</i>	181,4	333.419,9	86,2	
	<i>General Ángel V. Peñaloza</i>	4528,5	174.590,7	93,0	
	<i>General Belgrano</i>	4314,0	204.086,6	96,1	
	<i>General Juan F. Quiroga</i>	245,5	206.656,3	96,8	
	<i>General Ocampo</i>	608,0	308.190,9	99,2	
	<i>General San Martín</i>	604,4	343.727,8	99,1	
	<i>Independencia</i>	200,0	99.439,3	99,7	
	<i>Rosario Vera Peñaloza</i>	2696,5	455.258,2	92,1	
	<b>Subtotal</b>	<b>32.964,2</b>	<b>2.644.836,1</b>	<b>92,7</b>	
<b>SAN LUIS</b>	<i>Ayacucho</i>	19.837,5	470.956,0	96,8	<b>-1,00</b>
	<i>Belgrano</i>	15.623,5	408.964,5	99,1	
	<i>Chacabuco</i>	42.861,7	90.386,8	64,7	
	<i>Junín</i>	11.531,9	104.629,2	88,3	
	<i>La Capital</i>	165.726,3	822.167,0	95,1	
	<b>Subtotal</b>	<b>255.580,9</b>	<b>1.897.103,5</b>	<b>93,1</b>	
<b>CÓRDOBA</b>	<i>Cruz del Eje</i>	66.177,9	287.531,0	88,4	<b>-2,93</b>
	<i>Ischilín</i>	81.317,5	246.239,9	83,2	
	<i>Minas</i>	5606,7	262.951,0	99,0	
	<i>Pocho</i>	33.641,0	127.849,2	92,5	
	<i>San Alberto</i>	50.535,5	132.894,6	90,5	
	<i>San Javier</i>	15.846,0	71.690,2	69,6	
	<i>Tulumba</i> <sup>10</sup>	66.803,8	233.657,5	71,3	
<b>Subtotal</b>	<b>319.928,4</b>	<b>1.362.813,4</b>	<b>84,6</b>		
<b>SAN JUAN</b>	<i>Valle Fértil</i>	137.340,4	34.224,5	96,9	<b>-</b>
	<b>Subtotal</b>	<b>137.340,4</b>	<b>34.224,5</b>	<b>96,9</b>	
<b>SGO DEL ESTERO</b>	<i>Choya</i>	61.236,1	210.676,4	91,9	<b>-1,18</b>
	<b>Subtotal</b>	<b>61.236,1</b>	<b>210.676,4</b>	<b>91,9</b>	
	<b>TOTAL</b>	<b>830.185,3</b>	<b>6.467.811,5</b>	<b>89,4</b>	<b>-1,15</b>

<sup>9</sup> Montenegro et al., 2007.

<sup>10</sup> Corresponde al total departamental. El área correspondiente al Chaco Árido está representado por la Pedanía San Pedro, con un 37% del total de la superficie del dpto. No se ha encontrado información del área cubierta con montes en esta Pedanía.

## **Avance de la agricultura**

El avance de la frontera agrícola ha sido muy importante en las últimas décadas (Tabla 9.2). Lamentablemente, la falta de información actual no permite la comparación entre las tasas correspondientes a la década del 90` y las ocurridas durante el 2000, especialmente después de la aplicación de la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de Bosques Nativos, aprobado por la Cámara de Senadores el 21 de noviembre de 2007.

Los departamentos Capayán, La Paz, Valle Viejo (Catamarca), Capital, Chamental, Gral. Ángel Vera Peñaloza, Gral. Ocampo, Gral. San Martín, Independencia, Rosario Vera Peñaloza (La Rioja), Belgrano (San Luis), Cruz del Eje, Ischilín, San Javier, Tulumba (Córdoba), son los más afectados con más del 100% de incremento en la superficie bajo agricultura.

En los últimos años, los departamentos donde más se ha extendido la superficie agrícola para oleaginosas fueron los de San Alberto y Tulumba en Córdoba (aunque este último tiene sólo una pequeña superficie en la región del Chaco Árido); Ayacucho, Junín y La Capital en San Luis, durante el período comprendido entre 2002 y 2009-2010 (Tabla 9.3).

Se observa que la Provincia de San Luis ha tenido una violenta expansión del área sembrada durante este período, especialmente en los departamentos del oeste donde las precipitaciones son más escasas y presentan mayor variabilidad. Esto es debido a la incorporación de sistemas de riego y a la construcción de los acueductos Luján, Socoscora, Río Amieva y San Luis, ubicados a lo largo del área (Manazza, 2007).

Este tipo de producción corre el riesgo de provocar desertización de las tierras por las altas tasas de mineralización de materia orgánica (ya que a las altas temperaturas se suma el agua aportada por riego para aumentar la población microbiana del suelo) y el riesgo de salinización con aguas no aptas para riego. A esto se suma los altos volúmenes de agua que se extraen de las freáticas, que pueden agotar los recursos hídricos locales.

Tabla 9.2: Tasa anual y total de variación del área sembrada, período 1988-2002 (CEPAL-SADS, 2009).

	Departamento	Tasa anual de variación 1988-2002	Variación 1988-2002
<b>CATAMARCA</b>	<i>Capayán</i>	5,88	110,2
	<i>Capital</i>	-1,39	-16,66
	<i>Fray Mamerto Esquiú</i>	-0,55	-6,95
	<i>La Paz</i>	21,98	1223,17
	<i>Valle Viejo</i>	16,65	640,4
<b>LA RIOJA</b>	<i>Capital</i>	25,26	1768,67
	<i>Chamical</i>	17,44	708,81
	<i>Gral. Ángel Vera Peñaloza</i>	12,39	356,76
	<i>General Belgrano</i>	-0,22	-2,82
	<i>General Juan F. Quiroga</i>	4,79	83,67
	<i>General Ocampo</i>	18,51	809,14
	<i>General San Martín</i>	16,71	645,69
	<i>Independencia</i>	18,67	826,09
	<i>Rosario Vera Peñaloza</i>	17,64	726,08
<b>SAN LUIS</b>	<i>Ayacucho</i>	1,93	28,16
	<i>Belgrano</i>	6,8	135,11
	<i>Chacabuco</i>	-0,96	-11,74
	<i>Junín</i>	0,93	12,8
	<i>La Capital</i>	2,62	40,01
<b>CÓRDOBA</b>	<i>Cruz del Eje</i>	5,69	105,42
	<i>Ischilín</i>	9,25	215,99
	<i>Minas</i>	-4,85	-47,58
	<i>Pocho</i>	2,13	31,51
	<i>San Alberto</i>	-0,31	-3,96
	<i>San Javier</i>	5,71	105,95
	<i>Tulumba<sup>11</sup></i>	6,69	132,06
<b>SAN JUAN</b>	<i>Valle Fértil</i>	-4,45	-44,66
<b>SGO DEL ESTERO</b>	<i>Choya</i>	-0,27	-3,48

En los departamentos de Córdoba los cambios en la superficie destinada a oleaginosas son variados. Se observa una explosión en el aumento de superficie destinada a soja entre 2002 y 2007 (+187%), con fuertes cambios en los Dptos. Ischilín y Tulumba. Sin embargo en la campaña 2008-2009 (promedio regional de 670 mm) ha habido una reducción importante en la superficie sembrada (-56%), posiblemente por efecto de años más secos respecto a 2007-2008 (promedio regional de 965 mm).

<sup>11</sup> Corresponde al total departamental. El área correspondiente al Chaco Árido está representado por la Pedanía San Pedro, con un 37% del total de la superficie del dpto. No se ha encontrado información del área cultivada en esta Pedanía.

Tabla 9.3: Variación en la superficie sembrada con oleaginosas (soja y girasol) correspondiente al período 2002-2009, por departamento (San Luis y Córdoba).

		2002 <sup>12</sup>	2007	2009 <sup>13-</sup> <sup>14</sup>	Δ 2002- 2007	Δ 2007- 2009	Δ 2002- 2009	%Δ 2002- 2009
		Superficie (has)						
<b>SAN LUIS</b>	<i>Ayacucho</i>	710	4094	16.600	3384	12.506	15.890	2238,0
	<i>Belgrano</i>	0	0	350	0	350	350	35.000,0
	<i>Chacabuco</i>	6320	10.105	29.000	3785	18.895	22.680	358,9
	<i>Junín</i>	30	1717	500	1687	-1.217	470	1566,7
	<i>La Capital</i>	1905	2402	39.300	497	36.898	37.395	1963,0
<b>CORDOBA<sup>15</sup></b>	<i>Cruz del Eje</i>	1,4	1000	0	998,6	-1000	-1,4	-100,0
	<i>Ischilín</i>	24.000	60.000	14.700	36.000	-45.300	-9300	-38,8
	<i>Minas</i>	50	0	0	-50	0	-50	-100,0
	<i>Pocho</i>	2300	3300	2100	1000	-1200	-200	-8,7
	<i>San Alberto</i>	1000	2700	2800	1700	100	1800	180,0
	<i>San Javier</i>	650	1200	800	550	-400	150	23,1
	<i>Tulumba<sup>16</sup></i>	55.000	170.000	85.000	115.000	-85.000	30.000	54,5

Por otro lado, parte de la superficie donde se sembraba cereales fue destinada a la producción de oleaginosas en el año 2007, evidenciado por la reducción de la superficie cerealera entre 2002 y 2007, pasando de 73.400 has a 60.700 has (-17%). La campaña 2009-2010 (promedio regional de 595 mm) incrementó ligeramente la superficie cerealera respecto a 2007, pasando a 69.900 has (+15%) (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de Córdoba, ingreso: 08/04/2011), posiblemente como consecuencia del aumento de áreas bajo riego.

Sin embargo, este cambio no alcanza a compensar la reducción en la superficie de oleaginosas, por lo que aparentemente el efecto climático fue

<sup>12</sup> INDEC, 2002.

<sup>13</sup> Vinuesa, 2009.

<sup>14</sup> MAGyA, 2011.

<sup>15</sup> Los valores obtenidos para Córdoba corresponden a datos publicados por el MAGyA, aunque difieren ampliamente con los datos publicados por INDEC en el 2002. A fin de comparar las mismas fuentes, se descartaron para Córdoba los datos del INDEC.

<sup>16</sup> Corresponde al total departamental. El área correspondiente al Chaco Árido está representado por la Pedanía San Pedro, con un 37% del total de la superficie del dpto. No se ha encontrado información del área cultivada en esta Pedanía.

decisivo a la hora de planificar las campañas, o quizás esto fue debido al efecto de la Ley 125 de retenciones móviles, evidenciado en una reducción en la superficie sembrada declarada. La reducción en 2007 del área cerealera tampoco se condice con el aumento del área sembrada con oleaginosas, por lo que este incremento en la superficie cultivada debió haber sido promovido por desmontes.

## **Ganadería**

La explotación forestal y la ganadería extensiva han sido dos actividades estrechamente relacionadas. El efecto combinado de la actividad pastoril-forestal sin manejos adecuados produjo el rápido deterioro del ecosistema socioeconómico regional, constituyendo así un típico ejemplo de economía auge / ruina, similar a los que han degradado inmensas regiones semiáridas del mundo (Saravia Toledo, en Adámoli et al., 2004).

La Provincia de Catamarca ha sufrido a lo largo del siglo XX una reducción de su stock ganadero (Adámoli, et al., 2004), principalmente impulsado por un avance de la agricultura de regadío, especialmente en el Valle Central. Capayán, Capital y Valle Viejo han reducido su stock ganadero (Tabla 9.4) en los últimos 8 años, de acuerdo a los registros de vacunación de SENASA (2010 y 2003), mientras que Fray Mamerto Esquiú y especialmente La Paz han aumentado considerablemente la cantidad de animales vacunados. Lo mismo ocurre con el departamento Choya en Sgo. del Estero. A pesar de este aumento en el stock ganadero en La Paz (+31%; Tabla 9.4), las tendencias en cuanto al aumento de la superficie sembrada de la Tabla 9.2 indicarían un avance sobre los montes nativos, e incluso sobre áreas salinas, con un aumento aparente en las cargas animales que podrían estar degradando los pastizales naturales a través del sobrepastoreo.

Tabla 9.4: Variación en la cantidad de vacas vacunadas, período 2003-2010 (SENASA).

Prov.	Departamento	Vacas 2010	Vacas 2003	Δ vacas 2010-2003	% Δ vacas
<b>CATAMARCA</b>	<i>Capayán</i>	3838	4052	-214	<b>-5,28</b>
	<i>Capital</i>	50	495	-445	<b>-89,90</b>
	<i>Fray Mamerto Esquiú</i>	537	450	87	<b>19,33</b>
	<i>La Paz</i>	40.497	30.941	9556	<b>30,88</b>
	<i>Valle Viejo</i>	267	462	-195	<b>-42,21</b>
<b>CÓRDOBA</b>	<i>Cruz Del Eje</i>	40.248	36.563	3685	<b>10,08</b>
	<i>Ischilín</i>	50.023	67.603	-17.580	<b>-26,00</b>
	<i>Minas</i>	17.389	16.313	1076	<b>6,60</b>
	<i>Pocho</i>	31.542	23.754	7788	<b>32,79</b>
	<i>San Alberto</i>	27.091	26.663	428	<b>1,61</b>
	<i>San Javier</i>	13.195			
	<i>Tulumba</i>	43.478	35.091	8387	<b>23,90</b>
<b>LA RIOJA</b>	<i>Capital</i>	20.963	15.855	5108	<b>32,22</b>
	<i>Chamical</i>	13.545	10.651	2894	<b>27,17</b>
	<i>Cnel. Juan F. Quiroga</i>	9721	11.324	-1603	<b>-14,16</b>
	<i>General Ángel Vicente Peñaloza</i>	5436	7802	-2366	<b>-30,33</b>
	<i>General Belgrano</i>	7141	4654	2487	<b>53,44</b>
	<i>General Ocampo</i>	13.705	15.754	-2049	<b>-13,01</b>
	<i>General San Martín</i>	19.955	19.241	714	<b>3,71</b>
	<i>Independencia</i>	4531	4229	302	<b>7,14</b>
	<i>Rosario Vera Peñaloza</i>	15.158	13.813	1345	<b>9,74</b>
<b>SAN JUAN</b>	<i>Valle Fértil</i>	7769	10.066	-2297	<b>-22,82</b>
<b>SAN LUIS</b>	<i>Ayacucho</i>	52.565	28.337	24.228	<b>85,50</b>
	<i>Belgrano</i>	45.045	30.666	14.379	<b>46,89</b>
	<i>Chacabuco</i>	52.289	56.988	-4699	<b>-8,25</b>
	<i>Junín</i>	20.496	14.503	5993	<b>41,32</b>
	<i>La Capital</i>	83.016	61.002	22.014	<b>36,09</b>
<b>SGO. ESTERO</b>	<i>Choya</i>	9439	6216	3223	<b>51,85</b>
		<b>648.929</b>	<b>553.488</b>	<b>95.441</b>	<b>17,24</b>

Excepto por el departamento Ischilín que ha sufrido una reducción del 26% en el período 2003-2010 en la cantidad de vacas vacunadas, Cruz del Eje y Tulumba muestran importantes incrementos. El resto de los departamentos cordobeses se mantiene más o menos igual. Esto indica una tendencia de

que el avance de la agricultura en Ischilín ha sido de gran magnitud, habiéndose producido un reemplazo en las actividades, como consecuencia del aumento de las precipitaciones. Esto ha desplazado la ganadería de cría al oeste del Chaco Árido, provocando, al igual que en el departamento La Paz, un aumento en las cargas animales, mayor riesgo de sobrepastoreo y posibilidades de desertificación.

En los llanos riojanos se puede apreciar un aumento importante de animales vacunados en los departamentos del este (Capital, Chamental, Gral. Belgrano, Pocho), mientras que los departamentos del centro-oeste-sur (Gral. A. V. Peñaloza, Gral. J. F. Quiroga, Gral. Ocampo y Valle Fértil) han reducido sus stocks ganaderos.

Quizá los departamentos del sur de los llanos riojanos hayan reducido su stock ganadero debido a la mayor degradación por sobrepastoreo, sumado a la sequía ocurrida desde 2008 a 2011, lo que obligó a faenar vientres y/o irse de la zona.

El departamento Independencia mantiene sus stocks aunque estos son reducidos. Las comunidades que viven en este departamento son principalmente cabriteros y dedican poca superficie a la producción bovina.

En general en los llanos, los porcentajes de destete se reducen desde 2003 a 2010 (Tabla 9.5), lo que indica quizá una mayor presión ganadera y menor cantidad de recursos forrajeros, aunque puede estar enmascarado por los tres años de sequía ocurridos entre 2008 y 2010.

Los departamentos de San Luis presentan una situación alarmante desde el punto de vista del aumento de los stocks ganaderos en forma importante (excepto en Chacabuco que se comporta de manera similar a Ischilín), sumado al avance de la superficie agrícola, lo que indica un aumento de la carga animal. Si bien las cargas animales aumentan, los índices de destete no cambian, lo que está indicando que el avance de la agricultura acompaña a la ganadería, permitiendo complementar la dieta del pastoreo con suplementos nutricionales a través de los granos. En el departamento La

Capital muestra caídas en los porcentajes de destete, indicando que a pesar de la disponibilidad de suplementos, las sequías quizá hayan sido importantes sobre el crecimiento de las pasturas naturales.

Tabla 9.5: Porcentajes de destete por departamento y diferencia período 2003-2010 (SENASA).

Prov.	Departamento	% destete 2010	% destete 2003	Δ
CATAMARCA	Capayán	65,7	50,5	15,2
	Capital	86,0	54,9	31,1
	Fray Mamerto Esquiú	52,3	59,8	-7,5
	La Paz	58,6	45,2	13,4
	Valle Viejo	44,6	49,1	-4,6
CÓRDOBA	Cruz Del Eje	49,6	53,8	-4,2
	Ischilín	67,9	66,2	1,6
	Minas	51,5	53,8	-2,3
	Pocho	56,7	49,5	7,2
	San Alberto	39,2	51,1	-11,9
	San Javier	59,7	S/D	S/D
	Tulumba	59,5	60,7	-1,2
LA RIOJA	Capital	59,1	56,4	2,6
	Chamical	43,1	61,8	-18,7
	Cnel. Juan F. Quiroga	54,7	65,9	-11,3
	General Ángel Vicente Peñaloza	58,9	53,6	5,3
	General Belgrano	47,2	54,8	-7,6
	General Ocampo	57,7	54,0	3,6
	General San Martín	56,9	59,2	-2,3
	Independencia	46,4	63,2	-16,8
	Rosario Vera Peñaloza	55,8	52,1	3,7
SAN JUAN	Valle Fértil	54,7	65,0	-10,3
SAN LUIS	Ayacucho	58,2	56,5	1,7
	Belgrano	67,5	66,8	0,7
	Chacabuco	61,5	58,3	3,2
	Junín	53,1	57,0	-4,0
	La Capital	58,9	76,3	-17,4
SGO. ESTERO	Choya	59,0	52,4	6,6

# Capítulo 10 Perspectivas futuras, mitigación y alternativas frente al cambio climático

## Perspectivas

¿Es realmente algo negativo el cambio climático? De acuerdo a los datos disponibles para el Chaco Árido, el aumento de temperaturas de los últimos 80 años indica un aumento  $1,7^{\circ}\text{C}$ , es decir  $0,21^{\circ}\text{C}$  por década, mientras que las precipitaciones aumentaron de 370 a 651 mm en el mismo período, es decir un aumento promedio de 35 mm por año. Los pronósticos anuncian cambios positivos importantes para el período 2071-2100 (de entre 10 y 20%) en las lluvias (Labraga y Villalba, 2009). Es decir, podemos alcanzar los 800 mm de promedio anual en el Chaco Árido. Estamos en presencia de una “tropicalización” del Chaco Árido, con todo lo que eso implica. La mayor variabilidad temporal observada durante las últimas dos décadas (Figura 3.2) sugieren para el futuro ciclos drásticos de sequía/humedad que aumentan las incertidumbres productivas y económicas. Asimismo, la gran variabilidad espacial hace difícil la extrapolación de datos climáticos de zonas vecinas.

Desde el punto de vista biológico/ecológico, cambios de este tipo implican una aceleración en los procesos del ciclo biogeoquímico, o sea una aceleración en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ciclado de nutrientes más rápido, mayores tasas de evapotranspiración, por ende, quizá una evolución en las sucesiones ecológicas más rápida.

Esto significa un mayor potencial de rehabilitación de los ecosistemas y mayor producción, aunque posiblemente también se traduzca en sistemas más frágiles, ya que los procesos degradativos también se aceleran, por ejemplo la erosión, deterioro de los suelos, aumento en la frecuencia e intensidad de ocurrencia de plagas.

Probablemente uno de los impactos más fuertes sea la agriculturización del Chaco Árido gracias a la posibilidad de realizar cultivos anuales en secano

por el aumento de las lluvias, sumado a la creación de variedades más resistentes a la aridez, como ejemplo la soja de resistente a sequía desarrollada por investigadores del litoral, acompañado de la aplicación de los paquetes tecnológicos (siembra directa, glifosato, etc.). La ciencia y la tecnología también avanzarán en sus esfuerzos por aumentar la superficie cultivada, promovida por el reciente Plan Estratégico Agroalimentario (PEA) 2010-2020<sup>17</sup>, en evidente contradicción con la Ley del Presupuestos Mínimos

---

<sup>17</sup> En palabras de la Presidenta de la Nación, el PEA se visualiza de esta forma: “[...] La verdad que en mayo del año pasado habíamos presentado esta propuesta, en el Banco Nación, que era elaborar un Plan Estratégico Agroalimentario, de aquí al año 2020.

Yo ya decía que íbamos a pasar, en aquel momento, de los 100 millones de toneladas y el ministro me decía que no, con lo cual las metas que son muy buenas de este Plan Agroalimentario Estratégico creo que con el tiempo se van a quedar corta y en el año 2020 vamos a estar más allá de los 160 millones de toneladas granarías por una razón muy sencilla: el avance científico es de tal magnitud y de tal velocidad que cosas que nos parecían mágicas o imposibles, hasta hace muy poco tiempo, hoy, se han realizado multiplicando la productividad a través de la ciencia y la tecnología como nunca se había visto y colocándonos claramente en un liderazgo internacional en materia tecnológica [...].

[...] lo que han hecho nuestros productores, la ciencia y la tecnología y el valor agregado a través de ciencia y tecnología y de industrialización es la clave de este Plan Agroalimentario, pero es la clave del desarrollo de la República Argentina [...].

[...] uno de los grandes desafíos del cluster de semillas es hacerle frente a los cambios climáticos y estos – todos los sabemos – dramáticamente manifiestan el impacto más grande a través de lo que son las secas que realmente son devastadoras para el sector. Se está trabajando científicamente para lograr semillas de mayor profundidad en la raíz para que necesiten menor cantidad de agua para poder subsistir.

Yo quiero decir que hemos autorizado 20 eventos biotecnológicos para cultivos, 14 para maíz, es esto de lo que estuve hablando recién; 3 para la soja y 3 para algodón. Además quiero decirle ¿está por ahí el gobernador del Chaco, dónde está, no vino? Uhh, mirá yo que lo iba a elogiar con el tema de que aumentaron la producción. Ah tiene elecciones el domingo, discúlpame gobernador del Chaco tiene elecciones el domingo, pobre Coqui, le mandamos un abrazo muy fuerte y también queremos felicitar a todo lo que es la producción del algodón porque ha crecido exponencialmente. El algodón era un cultivo que había sido prácticamente de lado en la República Argentina y hoy no solamente producimos algodón, sino que además industrializamos también en el país. Esta es la otra gran clave, también, con fuertes inversiones.

Les decía 3 para soja y 3 para algodón; 7 aprobados en el último año y medio, somos terceros en el ranking de países con mayor superficie de cultivos biotecnológicos, de los países que representan el 15 por ciento de la superficie mundial. En el año 2010, el señor ministro de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, recibió 277 solicitudes de experimentación de organismos vegetales [...].

[...] Y creo que las metas de este Plan Estratégico Agroalimentario, que lo que va a hacer es desarrollar aún más este papel de líder global [...] para 400 millones de personas – hoy para 400 millones de personas, y yo creo que nosotros podemos llegar a producir para más cantidades de personas con una ventaja: poder lograr mayor cantidad de excedente porque somos 40 millones de argentinos y el crecimiento vegetativo es muy similar a los europeos [...].

[...] Pero todo esto de lo que hemos hablado hoy, esta tecnología, esta maquinaria, la biotecnología, todo esto lo estamos haciendo nosotros los argentinos con recursos de los argentinos

de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (N° 26.331). También fomentará la introducción de otras gramíneas como el gatton panic (*Panicum maximum*) o la grama rhodes (*Chloris gayana*), o el desarrollo de nuevas variedades de gramíneas por parte del INTA, que por ahora no prosperan bien en zonas con menos de 500 mm.

Un aumento en las precipitaciones, temperatura y carbono atmosférico supondrían un aumento en la arbustización del sistema. El aumento de la temperatura media anual y las precipitaciones en toda la región chaco-pampeana, sumado al reemplazo del bosque original por arbustos, harían menos susceptibles estos ambientes a los incendios, aunque frente a períodos prolongados de sequías (por ejemplo por influencia de episodios intensos de La Niña), estos arbustos secos pueden aumentar de forma

---

*Por eso, quiero, antes de terminar y la metas de incrementar la producción de carne bovina en un 46 por ciento, para llegar a los 7.000 millones de dólares de exportación en el año 2020, la producción de 3 millones de toneladas de carne aviar, es un 88 por ciento más lo que estamos haciendo, con exportaciones por 2.500 millones de dólares; en el sector porcino triplicar la producción de carne llegando a 800 mil toneladas [...].*

*[...] Esto se va a dar además, en 42 millones de hectáreas que serán fruto del incremento de la productividad por unidad de superficie.*

*El complejo hortícola en un 90 por ciento y su producción y la forestal en un 30 por ciento. Tenemos que hacer mucho forestal por lo que es todo la industria maderera, toda la industria de muebles porque vamos a insistir con la construcción, con la utilización de la madera, con muebles argentinos que son de excelente calidad y diseño. No podemos ponernos más el tema de que nos sentamos en una silla argentina y se rompía; nos sentamos en sillas argentinas y tienen que ser las mejores, además porque tenemos que darle calidad y diseño.*

*Bueno, y así podría seguir con todas las metas que las tienen en ese libro maravilloso pero que yo quiero cerrarla con las metas 2020 que implicarán exportaciones agroindustriales y agroalimentarias por 100 mil millones de dólares. Esa sería la síntesis, en definitiva, de lo que significaría el crecimiento [...].*

*[...] En los países donde hay una fuerte población rural, tienen un equilibrio y tienen valores mucho más vinculados con el respeto, fundamentalmente, a todo lo que es la vida de los demás también. Los conceptos están también demandados por la sociedad de seguridad también están vinculados a lograr que la gente pueda quedar establecida en sus pueblos originales y que allí pueda tener su sustento, pueda tener su casa, pueda desarrollar su vida familiar.*

*No les voy a decir nada nuevo, pero yo creo que es muy importante que todos comprendamos esta necesidad del crecimiento equilibrado y que los beneficios de ese crecimiento sean percibidos por la mayor cantidad de argentinos posibles [...].*

*[...] Bueno, les estaba diciendo y para finalizar, que quiero dirigirme a mis ex colegas legisladores, diputados y senadores, para que traten el proyecto de la Ley de Tierras que envió el Poder Ejecutivo Nacional, porque ese sí que es un recurso estratégico no renovable y es imprescindible sin caer en chauvinismo. Que realmente sigamos conservando los argentinos el manejo de ese recurso estratégico [...].*

*[...] Muchísimas gracias a todos y, como siempre, vamos por más” (Cristina Fernandez de Kirchner, 2010).*

importante la intensidad de los mismos. Los mismos efectos se esperan tanto para la región africana del Sahel (Capecchi et al., 2008) como para zonas semiáridas de Australia (Altman y Jordan, 2008).

Cambios en el macro y el microclima pueden hacer desaparecer aquellas especies más sensibles, o hacer aparecer otras más adaptables. Se cree que con el aumento en los valores de ambas variables climáticas es posible un aumento en la participación, frecuencia y abundancia de especies exóticas o extra regionales. Esto ya se ha visto en algunos sitios del Chaco Árido, por ejemplo al noreste de las Salinas Grandes, con la aparición de individuos de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*). También se han visto bosques de quebracho blanco hacia zonas de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Karlin, U., com. pers.). O caldenes (*Prosopis caldenia*) en el noroeste de San Luis, en pleno ecotono Chaco-Monte. ¿Es debido al cambio climático? Nuevos estudios son necesarios.

En áreas salinas y de barreales, ciclos de sequía (¿La Niña?) y lluvias torrenciales (¿El Niño?) modificarían la geomorfología del ambiente. Ciclos secos pueden promover la formación de médanos, los cuales con la falta de agua, podrían avanzar sobre otros ambientes diferentes, cambiando la dinámica de pastoreo y las áreas de captación de agua en microcuencas para llenar las represas. Ciclos húmedos, de lluvias torrenciales, promoverían la erosión hídrica de los médanos vegetados reduciendo la superficie de éstas áreas de mayor biodiversidad (Karlin et al., 2011).

El aumento en el precio de algunos commodities agrícolas provocará una mayor presión inmobiliaria sobre estas tierras. La superposición en la ocupación debido a la caótica situación legal en la tenencia de la tierra, la existencia de títulos apócrifos, el reclamo de derechos de herencia, va a intensificar la delimitación de las tierras y los conflictos (externos e internos) por la tenencia y usufructo de la tierra. Como consecuencia, la libre circulación del ganado se vería más coartada, sobrecargando aún más los campos, reduciendo la calidad de la dieta y la disponibilidad de forraje a lo

largo del año. A pesar de que las tendencias en las precipitaciones en esta región son positivas, tomando los registros históricos de 80 años, la degradación de los ambientes disminuye los índices de agua efectiva, y por ende la producción de pasto.

Lluvias torrenciales producirían graves inundaciones, aislando a las comunidades instaladas en zonas más bajas (más salinas) por semanas de los centros de salud y de fuentes de alimentos, e imposibilitados de comercializar sus productos. También podrían aumentar las enfermedades tales como el dengue por aumento en la cantidad de agua libre, reservorio de mosquitos. Aumentaría la incidencia de Mal de Chagas y virosis varias por aumento en las poblaciones de sus vectores. Las endozoonosis también intensificarán su incidencia, reduciendo la producción de carne y la mortandad de los animales domésticos

El cambio climático, sumado a las condiciones socio-jurídicas en ésta región producirían cambios en la dinámica de los recursos, afectando las prácticas y estrategias de los pobladores locales.

¿Pero qué sucede si estos cambios en el clima corresponden a modificaciones macrocíclicas de la atmósfera? Ya hemos visto que ocurre con los ciclos solares, la circulación termohalina, las circulaciones atmosféricas especiales, por lo que es muy posible volver a un nuevo “Mínimo de Maunder”, a una nueva “Pequeña Era del Hielo”, o a un “Dryas Reciente”...

Por el momento las tendencias apuntan a un gradual aumento de las temperaturas y las precipitaciones. El hombre deberá adaptarse o desaparecer.

## **Mitigación y adaptación**

### *La importancia del árbol y el arbusto*

Frente a cambios en el macroclima, el productor familiar puede adaptarse con modificaciones en el microclima.

El árbol (y porque no el arbusto) es el componente fundamental y la “herramienta” con la que cuentan las comunidades para hacer frente al cambio climático y sus consecuentes cambios sociales. Esta “herramienta” es útil siempre y cuando las actividades agropecuarias no sigan avanzando sobre los bosques nativos, que la Ley de Presupuestos Mínimos se respete y no se siga cercando a las comunidades en superficies que no alcanzan para que se reproduzcan cultural y socialmente.

Los cambios positivos en las temperaturas y las precipitaciones aceleran los procesos biogeoquímicos, por lo tanto un aumento en las coberturas de suelo mínimos son necesarios para reducir la oxidación de la materia orgánica y para reducir la evaporación del agua del suelo (Figura 10.1). Las coberturas de suelo deben alcanzar los mayores valores posibles tratando de no afectar el material forrajero del sotobosque, ya sea pasto o arbustos.

Posiblemente el ganado vacuno termine por adaptarse a una dieta rica en material arbustivo, o deberá reducir su participación en el sistema productivo reemplazado por ganado caprino, cuya dieta consta de un 90% de arbustos forrajeros. ¿Están algunos pastos nativos en peligro de extinción en el Chaco Árido? Con la presión ganadera actual posiblemente lo estén.

La biodiversidad forrajera es fundamental para poder disponer de alimentos durante todo el año a través de rotaciones adecuadas del rodeo a lo largo del año. El uso de diferentes ambientes permite disponer de diferente calidad de forraje a lo largo del año (ver por ejemplo Figura 6.1). Para facilitar la rotación del ganado, es posible la instalación de alambrado o boyero eléctrico para evitar el pastoreo en zonas no deseadas. En este sentido, el uso de cercos donde se reserva forraje para el bache forrajero es una práctica tradicional que se debe rescatar y mejorar, aplicando adecuadas cargas instantáneas,

maneja la frecuencia de pastoreo en función a la regeneración natural y definiendo de antemano la superficie a cercar en función a los animales que se poseen.



*Figura 10.1: Contraste entre las pasturas dentro y fuera de la influencia del árbol, El Clérigo, Salinas Grandes, Catamarca. © M. Karlin.*

El bosque tendrá mayor productividad forestal. Es importante entonces planificar un sistema de extracción que sea sustentable, considerando las tasas de crecimiento de los árboles y arbustos potencialmente maderables. Las tasas de extracción debieran ser del 80% de la tasa de crecimiento de área basal, seleccionando aquellos individuos que carezcan de utilidad como regulador de servicios ambientales, aquellos individuos enfermos o competidores por individuos de alto potencial. Los algarrobos son especies muy plásticas que pueden duplicar su tasa de crecimiento con pulsos

regulares de agua. Aumentos en las precipitaciones favorecerían esto, aunque no lo haría la gran variabilidad anual e interanual.

El manejo de la renovabilidad es fundamental. Un bosque disetáneo y con buena cantidad de renuevos es deseable y esto se logra evitando el ingreso de maquinaria pesada como rolos y manejando las cargas animales. Incluso la identificación a campo de los renuevos y su protección con ramas espinudas o microjaulas permiten que el renuevo alcance su etapa juvenil. La regeneración de ciertas especies como los algarrobos se facilita con el ingreso de animales poligástricos responsables de resembrar el campo.

Las grandes variaciones de las precipitaciones provocan mayor incertidumbre sobre la evolución del sistema a conservar o a producir. Es por esto que no se recomiendan plantaciones de especies forestales por los bajos índices de prendimiento y por las bajas tasas de crecimiento. Ambos índices dependen íntimamente del microrrelieve dominante y la presencia de nutrientes, los cuales son altamente heterogéneos espacialmente. La promoción del semillado es fundamental a través de la elección de árboles madres fenotípicamente aceptables (buena producción de semillas, buena sanidad, buen porte y copa). Las semillas se dispersarán y sobrevivirán aquellas que caigan sobre los microsítios más favorables, por lo que de esta forma la regeneración natural es mucho más exitosa que la asistida.

Si se comparan los índices de regeneración natural en un bosque con arbustos y un silvopastoril (con alta cantidad de biomasa herbácea), los mismos son mayores en el primero, ya que los renovales bajo la influencia de los pastizales pierden capacidad de competencia por nutrientes y agua. Además los arbustos actúan como nodrizas y las protegen frente al ataque de los herbívoros (Carranza y Ledesma, 2009).

A pesar de que no se recomienda la plantación por los altos costos y la baja eficiencia (~40% de supervivencia para *A. quebracho-blanco* y *Prosopis chilensis* en jarillales según Barchuk y Díaz, 2000), se puede plantear plantaciones puntuales para enriquecimiento de peladales, para la fijación de

médanos o como cortinas forestales. Para esto se recomienda la utilización de plantines a partir de semillas extraídas en la zona de plantación, ya que estas semillas provienen de individuos genéticamente adaptados a las condiciones locales. Respecto a los algarrobos, probablemente sea más eficiente la plantación de *P. flexuosa* que *P. chilensis* cuando se planta en suelos azonales, ya que la última es freatófita. Además, las plántulas de *P. flexuosa* son más resistentes a salinidad que *P. chilensis*, lo que las hace más efectivas frente a estrategias de recuperación de áreas degradadas y zonas desertificadas. Muestra alta capacidad de germinación bajo condiciones de salinidad y estrés hídrico, y su germinación y crecimiento posterior es rápido permitiéndole optimizar las condiciones hídricas locales (Álvarez y Villagra, 2009). *A. quebracho-blanco* posee mejores índices de sobrevivencia bajo arbusto que fuera de arbusto (40 vs. 30% respectivamente; Barchuk y Díaz, 2000).

Los arbustos son hábitat de numerosos animales silvestres y ofrecen sombra y forraje al ganado. Inclusive las jarillas (*Larrea spp.*), de gran abundancia en el monte y citadas como especies de baja palatabilidad y preferencia por el ganado (Dalmasso et al., 1995; Marshall, 1995), pueden ser utilizadas como forraje de emergencia para cabras en invierno, siendo a corral una de las especies más consumidas cuando se da a elegir al animal entre otras plantas (Cora et al., 2005). *L. divaricata* ssp. *tridentata* es utilizada en zonas semiáridas de México y EEUU como recuperadora de suelos en peladares al actuar como barrera para las partículas de suelo, materia orgánica y propágulos de simbiontes, como nodriza de pasturas y renovales, y mejorador de la conductividad hidráulica del suelo (Marshall, 1995).

En el Chaco Árido, *L. divaricata* ssp. *divaricata* actúa como especie K pionera en sucesiones secundarias, como facilitadora de otras especies en el camino de recuperación de áreas desertificadas (Karlin et al., 2011). Otros arbustos han sido identificados como recuperadoras de hábitat en otras áreas semiáridas, tales como el desierto de Chihuahua (Schlesinger et al., 1990),

en el sureste semiárido de España (Maestre et al., 2009) o en el Níger semiárido (Wezel et al., 2000).

Al igual que ocurre con los pastizales (Carranza y Ledesma, 2009) bajo la canopia arbórea, la calidad de los arbustos mejoraría también bajo su influencia, aumentando la cantidad de proteína y manteniendo la turgencia y palatabilidad durante más tiempo. Además muchos arbustos son altamente resistentes a fuertes presiones de pastoreo sin la consecuente desaparición de individuos.

Los arbustos permiten una oferta forrajera más pareja en el tiempo, mayor volumen y se adaptan mejor a distintas clases de suelo. Además la biodiversidad arbustiva potencial es mayor que la pastoril (Karlin, 2013d).

Los arbustos además producen múltiples productos aprovechables además del forrajero, desde medicinas hasta madera para múltiples aplicaciones.

En base a lo discutido, ¿porqué no proponer sistemas “silvoarbustivos” en vez de silvopastoriles? El arreglo de los diferentes componentes del bosque debiera mantener su estructura original lo más posible, tratando de imitar sus interacciones fundamentales, incorporando especies animales adaptadas a dietas con forrajes leñosos. Frente al cambio climático y al cambio en la fisonomía de los ambientes, los arbustos debieran considerarse como componente fundamental de un sistema productivo multipropósito.

### *Eficientización del agua*

Cuando uno ve las gráficas de las lluvias caídas inmediatamente se imagina represas y pozos llenos de agua. Esto no necesariamente es así sabiendo que las lluvias son cada vez más torrenciales y pueden arrastrar mucho material que puede colmatar las represas, erosionar taludes y contaminar los pozos. Es recomendable separar el agua de consumo humano del animal, para evitar enfermedades. El agua para uso humano puede ser captada en cisternas (Figura 10.2) a través de los techos o superficies revestidas y de

fácil acondicionamiento (limpieza, desarenado, etc.). El agua acumulada puede ser fácilmente clorada para evitar contaminación.

Los volúmenes necesarios para una familia de 5 personas, con un consumo de 100 litros diarios por persona dan un volumen anual de 180.000 litros por familia. Para captar este volumen (suponiendo una pérdida del 20%, es decir se debe captar 216.000 litros o 216 m<sup>3</sup>) se debe disponer de un área de captación de 720 m<sup>2</sup> considerando un promedio de precipitaciones de 300 mm anuales.



*Figura 10.2: Cisterna en construcción en Palo Santo, Salinas Grandes (Catamarca). En la cabecera de la cisterna, el desarenador. © M. Karlin.*

Para la captación de agua para el ganado es recomendable diseñar una aguada que posea un desarenador en la boca de la misma y es conveniente cerrarla con alambrado para evitar desmoronamiento de taludes y

proliferación de endozoonosis entre la majada o el rodeo, derivando el agua a bebederos fuera de la misma (Figura 10.3). Esta debe ser desbarrada periódicamente en época seca para recuperar el volumen original, teniendo cuidado de no romper el piso que evita la infiltración (Karlin et al, 2010b).



*Figura 10.3: Cercado de represa con bebederos externos, Palo Santo, Salinas Grandes (Catamarca). © M. Karlin.*

### *¿Cultivar o no cultivar? Esa es la cuestión*

La gran limitante en gran parte del Chaco Árido es la disponibilidad en cantidad y calidad de agua. La gran variabilidad en las precipitaciones y el corrimiento de las lluvias hacia el verano hacen difícil pensar en los cultivos tradicionales sin la disponibilidad de riego asegurado.

La realización de perforaciones a gran profundidad son extremadamente costosas y las prospecciones no aseguran agua en cantidad y calidad suficientes para pensar en riego. El riego por gravedad es altamente ineficiente y es un lujo que no se debe permitir en esta región. La aplicación de sistemas de riego por aspersión presentan problemas de incidencia de enfermedades, deriva y quemazón de cultivos por la alta heliofanía y las altas temperaturas. Sistemas de riego por goteo son más eficientes pero no se puede aplicar a gran escala por los elevados costos.

¿Qué alternativa se puede proponer? Existen cultivos que son poco exigentes en agua, tales como especies de Cactáceae tales como el género *Opuntia* u otros géneros, o especies halófitas como *Atriplex*, o *Sarcocornia*. A nivel de frutales, es posible realizar plantaciones de especies nativas como chañar (*Geoffroea decorticans*), mistol (*Ziziphus mistol*), algarrobos (*Prosopis* spp.), albaricoque (*Ximenia americana*) o piquillín (*Condalia microphylla*). A nivel industrial la brea (*Cercidium praecox*) tiene un gran potencial comercial como sucedáneo de la goma arábiga. Todas estas especies y otras más han sido ampliamente probadas dentro de sistemas de cultivo y han dado buenos resultados con bajos niveles de riego, además muchas de estas funcionan bien bajo monte. El gran problema es que actualmente no existe demanda y es difícil de comercializar. Existen algunos mercados alternativos que comercializan *delicatessen* que podrían explotarse.

Se han probado muchas otras especies exóticas de gran potencial como la moringa (*Moringa oleifera*), chía (*Salvia hispanica*), jobjoba (*Simmondsia chinensis*), guayule (*Parthenium argentatum*), pero que requieren de cierta disponibilidad mínima de agua de riego y que, al igual que las especies nativas, carecen por ahora de mercado interno (Coirini y Karlin, 2013).

### *Fijación de carbono*

La región es claramente un sumidero y no un emisor de gases de tipo invernadero, aunque la agriculturización y la ganaderización contribuyen a las emisiones globales.

Más allá de si los gases son los únicos responsables del cambio climático o no, frente a los procesos de abandono de los campos en la región el cobro por servicios ambientales, como la fijación de carbono, puede contribuir en la renta total de los sistemas productivos siempre y cuando los precios no se rijan exclusivamente por la oferta y la demanda tal como ocurre con los bonos de carbono, sino que la fijación de carbono (como el representante de los gases responsables del forzamiento radiativo) debiera valorarse por otros

medios. Una opción es a través de la llamada Huella Hídrica: ¿cuánto cuesta en términos de agua, fijar una tonelada de carbono? Este mecanismo de cobro puede resultar más justo cuando se compite con otros sumideros de carbono ubicados en regiones más húmedas. Por ejemplo, *Prosopis chilensis* requiere bajo condiciones de sequía 345 kg de agua por kg de materia seca fijada (Felker et al., 1983), es decir unos 820 kg de agua por kg de carbono, mientras que *Eucaliptus* como especie comercial consume bajo condiciones de restricción hídrica 630 kg de agua por kg de materia seca, es decir 1500 kg de agua por kg C (Stape, 2004), mientras que utiliza 333 kg de agua por kg de biomasa sin restricciones (Tesón, 2011), es decir tiene la misma eficiencia que *Prosopis chilensis* bajo stress.

Los mecanismos REDD consideran en la actualidad sólo el componente arbóreo, ¿pero qué hay del componente arbustivo y herbáceo? Aunque no se han encontrado estudios locales, halófitas del género *Atriplex* presentan una eficiencia de uso del agua (EUA) de entre 300 y 400 kg de agua por kg de materia seca bajo condiciones de elevada salinidad (85 mmol/l) (Glenn y Brown, 1998). Los arbustos en sistemas degradados o salinos son un componente muy importante en cuanto a fijación de carbono y posiblemente la EUA sea mayor que en especies arbóreas, por lo que si se propone un pago en relación a la EUA se debe tener cuidado de que también se bonifique por calidad de ambiente. Por ejemplo, un jarillal puede ser más eficiente en el uso del agua que un quebrachal, pero este último es un ambiente de mayor calidad que el anterior ya que ofrece otros servicios ecosistémicos valiosos, como ser madera, sombra, hábitat de especies animales u oferta de productos forestales no maderables. Un indicador a tener en cuenta para valorar la calidad del ambiente son los Coeficientes de Lyapunov discutidos en el Capítulo 5.

Las especies xerófitas o halófitas, más eficientes desde el punto de vista de la economía del agua, son uno de los componentes del sistema fijador de

carbono. Pero existen otros sumideros que deben tenerse en cuenta, tales como el carbono del suelo, ya sea orgánico o inorgánico.

Considerando lo descrito por Iglesias et al. (2012) para el este del Chaco Árido, un bosque maduro de *Aspidosperma quebracho blanco*, con 72% de árboles y 28 de arbustos, posee 95 Tn/ha de carbono, que sumado al carbono edáfico (5% de materia orgánica, ~120 Tn C/ha<sup>18</sup>) da 215 Tn C/ha. En contrapartida, un arbustal posee 19 Tn/ha de biomasa aérea y 20 Tn/ha de C edáfico. El valor del bono de carbono a la fecha (noviembre 2013) es de \$36 la tonelada de CO<sub>2</sub>. Las tasas de fijación de C son de entre 0,02 y 0,8 Tn C/ha/año.

El mecanismo REDD se basa en el pago de un servicio ambiental que es la fijación de CO<sub>2</sub> emitido por aquel que compra el bono, a través de la reducción de la deforestación y la degradación de los bosques. Si bien el mecanismo todavía no está del todo definido, se define tomando como línea de base la tasa anual de deforestación (-1,15% en el Chaco Árido) y se discute bilateralmente (gobierno y empresas) qué puede ocurrir con este valor a futuro (aumenta, se mantiene o disminuye). Una vez definidas las metas y compromisos durante un período determinado, ambas partes establecen el acuerdo sobre la cantidad de bonos a repartir entre los interesados. En algunos casos las partes discuten un “bonus” basado en el carbono fijado en el pasado (llamado “adicionalidad” en los mecanismos REDD), pudiendo pagarse sobre, por ejemplo, el total del stock fijado sobre la biomasa aérea forestal (sólo árboles hasta el momento). Los compromisos establecidos por el gobierno en cuanto a la reducción de la tasa “a futuro” de deforestación son ficticios ya que dependen en cierta manera de la probabilidad en que el gobierno efectivamente cumpla con el acuerdo. Para valorar esto se agrega al cóctel una estimación de esta probabilidad sobre el Índice de Transparencia Internacional (Karsenty y Ongolo, 2012), una

---

<sup>18</sup> Si se considera que los primeros 20 cm de suelo corresponden al 60% del carbono orgánico total y la densidad de suelo es de 1,2 Tn/m<sup>3</sup>, y si se considera que la materia orgánica contiene el 58% de su masa como carbono.

valoración de la corrupción del actual gobierno. Argentina poseía en 2012 un valor de percepción de corrupción de 35 puntos sobre 100 (la percepción de corrupción aumenta al reducirse el valor), ubicándose en el puesto 102 sobre 174 países (Transparency International, 2013), lo que lo hace poco confiable en el cumplimiento de los acuerdos.

Si bien los Mecanismos de Desarrollo Limpio pueden ser una alternativa para la diversificación económica de la región, estos se basan en la mercantilización de un ciclo biogeoquímico donde siempre el que gana es el más poderoso, en este caso las grandes industrias que compran los bonos. Además, quienes se llevan gran parte de la tajada son los certificadores que no poseen una contraparte que los controle a ellos también, siendo susceptibles a cooptación por parte de las empresas.

Uno de los aspectos más paradójicos de los Mecanismos de Desarrollo Limpio radica en el hecho que los bosques sólo pueden tener valor de créditos de emisiones si son administrados por entidades que posean status oficial, es decir, el Protocolo de Kyoto no considera que las comunidades originarias puedan administrar los bosques que hace décadas o siglos gestionan y usufructúan. El comercio de bonos sólo puede ser activado entre el Estado y sociedades con fines de lucro (Bachram, 2004).

De esta manera difícilmente se alcancen los objetivos del Protocolo de Kyoto si los precios y cupos no son establecidos en función a los intereses de los más débiles y de las necesidades de la sociedad civil. Es contradictorio, pero si esto efectivamente fuera así seguramente estos Mecanismos no existirían, puesto que no tendrían valor para los compradores.

Más allá de los acuerdos y comercio internacionales, es posible desarrollar mecanismos internos (a nivel nacional o provincial) de pago por servicios ambientales, en el marco de las leyes vigentes tales como la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N° 26.331, la Ley General del Ambiente N° 25.675, la Ley de Fomento a la

Conservación de Suelos N° 22.428 o el Régimen de Gestión Ambiental de Aguas Ley N°25.688.

Estos mecanismos deben ser aplicados adoptando una filosofía que vaya más allá del interés financiero de quien lo aplica. Los Mecanismos de Desarrollo Limpio sólo serán útiles si logran dar una compensación superior al de los costos de oportunidad, con implicancias de tipo económico, social y político, como herramienta de lucha contra la desertificación.

### *Los saberes populares*

Referido a los saberes es necesario, como se discutió en el Capítulo 6, escuchar y comprender la percepción local no sólo de los procesos climáticos, sino también sus relaciones con el ambiente, la producción y la sociedad. El repetido dicho del Chaco Árido “*cada vez llueve menos*” no es caprichoso, sino que tiene que ver con lo que ocurre por debajo de la casilla meteorológica. Buenos diagnósticos ambientales deben ir acompañados de las percepciones de los pobladores locales, estos deben acompañar al campo a los técnicos, el técnico debe aprender del productor (y el productor del técnico).

El árbol y el arbusto son fundamentales para combatir las incertidumbres. El bosque ofrece innumerable cantidad de productos que pueden ser utilizados para la subsistencia y el autoconsumo, inclusive para la venta. La diversificación es fundamental en la capacidad de reproducción de las comunidades. El problema recae en la pérdida de saberes tradicionales que, si bien muchos son transmitidos o registrados, especialmente referidos a los usos, los conocimientos referidos al manejo, extracción y procesamiento de los productos forestales no maderables son más difícilmente reproducibles de forma oral o escrita. Es necesaria una reproducción a través de la práctica, de padres a hijos. El éxodo a las grandes ciudades de los jóvenes dificulta este mecanismo de replicación de saberes.

El éxodo puede solucionarse eliminando los subsidios, mejorando la calidad educativa de los niños y jóvenes y promoviendo una nueva cultura del trabajo local, lo que permitirá un mayor apego por las tradiciones, el lugar de vida y las relaciones sociales.

Verdaderos programas de desarrollo rural deben promoverse facilitando mecanismos de interacción, educando, valorizando lo propio y no regalando. “*Lo que cuesta vale*”, es la filosofía de algunos técnicos que trabajan en la región desde hace años. Es el productor quien debe invertir desde su bolsillo a través de los ingresos obtenidos por pequeñas mejoras progresivas del sistema productivo diversificado.

La experiencia demuestra que la mayoría de las mega inversiones terminan fracasando. Es mejor desarrollar pequeñas acciones, visibles por el productor local, a través de experiencias participativas a micro escala.

Muchas otras prácticas son recomendables para hacer frente a las incertidumbres del cambio climático, como el intercambio entre guardaparques y productores, de pastaje por servicios de reducción de biomasa combustible en épocas secas (cuando ocurre el bache forrajero y aumentan las probabilidades de incendio), o la venta de animales para reducir las cargas y descomprimir la presión sobre los campos.

Las experiencias extraregionales deben ser consideradas, siempre y cuando estas se adecuen a las condiciones locales.

El desafío es grande, pero la historia demuestra que los productores agropecuarios tienen un gran poder de adaptación a situaciones adversas.

## Postfacio

El aumento en las precipitaciones explica en parte el avance de la agricultura y la ganadería hacia esta región en las últimas décadas. Sin embargo es necesario ser cautos en el análisis de esta variable, ya que en primer lugar esto corresponde a tendencias lineales; por otro lado este aumento puede corresponder a un incremento macrocíclico que puede revertirse en el futuro; mientras que los coeficientes de variación son cada vez mayores, lo que aumenta la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de sequía e inundaciones en la subregión, pudiendo afectar las condiciones de vida de la población local y la producción agropecuaria. Por otro lado, la región puede verse afectado por eventos ENSO que pueden alterar bipolarmente las condiciones climáticas de manera dramática y aumentar las incertidumbres.

A pesar de las tendencias positivas en las precipitaciones, es de destacar la percepción regional de que “cada vez llueve menos” evidenciado posiblemente por la degradación de los recursos suelo y vegetación, la reducción de la cantidad de agua efectiva y el aumento en la evapotranspiración, traduciéndose en una mayor arbustización y una reducción en la disponibilidad efectiva de forraje.

Es necesario modificar y repensar el rol productivo, social y cultural del Chaco Árido y de otras regiones semiáridas frente a los cambios climáticos ocurridos en las últimas décadas y su directa relación con los procesos de desertificación. Obviamente, estos análisis no deben dejar fuera otros tipos de análisis de tipo político que pueden potenciar los impactos sobre estos ecosistemas, sabiendo que muchas de las políticas aplicadas pueden cambiar con los cambios de gobierno. Es por esto que debe discutirse seriamente cual es el rol de las organizaciones, instituciones y los pobladores locales frente a su participación e involucramiento en programas y proyectos de desarrollo.

¿Será necesario que las ONG's, instituciones y políticos que digitan desde sus oficinas comiencen su lenta retirada y los pobladores locales empiecen a autogestionarse como ocurría 50 años atrás, aplicando sus conocimientos tradicionales? ¿Son los proyectos de desarrollo necesidades impuestas por los técnicos, gobiernos y financiadores? ¿Es el cambio climático un invento científicamente orquestado por las empresas para seguir haciendo negocios a costa de los más pobres? Son preguntas difíciles de contestar cuando uno está involucrado en estos temas, sugestionado por el entorno académico, los políticos y las empresas, encargados de establecer las agendas.

## Bibliografía

1. Academia Nacional de Historia. 1941. Actas Capitulares de San Luis. Tomos I y II. <http://biblioteca.sanluis.gov.ar/Publicaciones/Actas%20Capitulares%20Tomo%201.pdf>; [http://biblioteca.sanluis.gov.ar/Publicaciones/ACTAS\\_CAPITULARES\\_2do\\_.TOMO.pdf](http://biblioteca.sanluis.gov.ar/Publicaciones/ACTAS_CAPITULARES_2do_.TOMO.pdf). Ingreso: 01/11/2013.
2. Adámoli, J.; Torrela, S. y R. Ginzburg. 2004. Diagnóstico ambiental del Chaco Argentino. SADS-OEA.
3. Agosta, E. y R. Compagnucci. 2006. Atmospheric conditions during wet and dry summer extremes in Central-West Argentina. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguacu. Pp.: 1439-1452.
4. Altman, J. C. y K. Jordan. 2008. Impact of climate change on indigenous australians: submission to the Garnaut climate change review. Centre for Aboriginal Economic Policy Research. CAEPR Topical Issue No. 3.
5. Álvarez, J. A. y P. E. Villagra. 2009. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana 35(1): 47-61.
6. Anderson, D. L. 1996. Degradación de la vegetación natural en la Provincia de San Luis. En: PROSA. El deterioro del ambiente en la Argentina. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Pp.: 118-119.
7. Anderson, D. L.; Del Águila J. A. y A. E. Bernardón. 1970. Las formaciones vegetales en la Provincia de San Luis. Revista de Investigaciones Agropecuarias VII(3):153-183.
8. Antico, P. L. y G. J. Berri. 2004. La Corriente en Chorro Subtropical media mensual en América del Sur. Meteorológica 29(1-2): 37-45.
9. Argerich, F. R. 2003. Historia económica de Catamarca. Imprenta Quir-Na.

10. Bachmeier, O. y E. Buffa. 1992. Variabilidad espacial de un suelo bajo vegetación de *Prosopis* sp. Turrialba 42(3): 365-370.
11. Bachram, H. 2004. Fraude y colonialismo: el nuevo comercio de los gases con efecto invernadero. En: *Le Monde Diplomatique*. El clima visto desde el sur. El calentamiento global según los países emergentes. Capital Intelectual. Buenos Aires. Pp.: 139-162.
12. Barchuk, A. H. y M. P. Díaz. 2000. Vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y de *Prosopis chilensis* en el Chaco Árido. *Quebracho* 8: 17-29.
13. Barchuk, A. H., Iglesias, M. R. y M. N. Boetto. 2008. Spatial association of *Aspidosperma quebracho-blanco* with shrubs and conspecific adults in the Arid Chaco, Argentina. *Austral Ecology* 33:775-783.
14. Begon M., Townsend C. R. y J. L. Harper. 2006. *Ecology. From individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd, UK.
15. Biurrun, F. 1996. La región de los llanos. En: PROSA. El deterioro del ambiente en la Argentina. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Pp.: 118-119.
16. Bogino, S. M. 2008. Crónica del saqueo ambiental de la Provincia de San Luis. En: Gabutti, E. G.; Privitello, M. J. L. y O. A. Barbosa (eds.). 2008. *El caldenal puntano*. Ed. El Tabaquillo. Pp.: 25-31.
17. Bonino, E. y P. Araujo. 2005. Structural differences between a primary and a secondary forest in the Argentine Dry Chaco and management implications. *Forest Ecology and Management* 206: 407-412.
18. Bravo Tedín, M. 1993. *Crónica de cuatro siglos*. Ed. Canguro.
19. Britos, H. y A. Barchuk. 2008. Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. *Agriscientia* 25(2): 97-110.
20. Burgoa Mariaca, A. W. 2008. Escenarios climáticos para el monzón sudamericano determinados por los modelos de acoplamiento del IPCC AR4. *Revista Boliviana de Física* 14: 100-115.

21. Cabido, M.; Zak, M. R.; Cingolani, A; Cáceres, D. y S. Díaz. 2005. Cambios en la cobertura de la vegetación del centro de Argentina. ¿Factores directos o causas subyacentes? En: Oesterheld, M.; Aguiar, M. R.; Ghera, C. M. y J. M. Paruelo (comp.). 2005. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Pp.: 271-300.
22. Calella, H. F. y R. R. F. Corzo. 2006. Chaco Árido de la Rioja. Vegetación y suelos. Pastizales naturales. Ediciones INTA. Buenos Aires.
23. Capecchi, V.; Crisci, A.; Lorenzo, G.; Maselli, F. y P. Vignaroli. 2008. Analysis of NDVI trends and their climatic origin in the Sahel 1986-2000. *Geocarto International* 23(4): 297-310.
24. Capitanelli, R. G. 1979. Clima. En: Vázquez, J.B.; Miatello, R.A. y M.E. Roqué (eds.). 1979. Geografía física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. Pp.: 48-138.
25. Carranza, C. A. y M. Ledesma. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina.
26. Carranza, M. L.; Cabido, M; Acosta, A. y S. Páez. 1992. Las comunidades vegetales del Parque Natural Provincial y Reserva Forestal Natural Chancaní, Provincia de Córdoba. *Lilloa* 38: 75-92.
27. Castro, G. 2010. Historia de la región. En: Coirini, R. O.; Karlin, M. S. y G. J. Reati (eds.). 2010. Manejo sustentable del ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido. Encuentro Grupo Editor. Pp.: 19-25.
28. Cavanna, J.; Castro, G.; Karlin, U. y M. Karlin. 2010. Ciclo ganadero y especies forrajeras en Salinas Grandes, Catamarca, Argentina. *Zonas Áridas* 14(1): 173-184.
29. CEPAL-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2009. Indicadores de impacto socioeconómico de desertificación y degradación de tierras. Proyecto GER/01/S09.

30. Coirini, R. O. y M. S. Karlin. 2013. Producción agrícola. En: Karlin, M. S. (ed.); Karlin, U. O.; Coirini, R. O. (coord.); Reati, G. J. y R. M. Zapata. 2013. El Chaco Árido. Ed. Encuentro. Pp.: 313-324.
31. Compagnucci, R. y E. Agosta. 2008. La precipitación de verano en el centro-oeste de Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (ENOS) e interdecádico "tipo" ENOS. *Geoacta* 33: 97-103.
32. Contreras, A. 2011. Dinámica de recuperación de la vegetación, en zonas degradadas de la cuenca de las Salinas Grandes, Provincia de Catamarca. Tesis de grado. FCEFyN-UNC.
33. Cora, A. 2009. Indicadores edáficos de capacidad de recuperación de sistemas rurales del Chaco Árido Argentino. Tesis de maestría. FCA-UNC.
34. Cora, A.; Nai Bregaglio, M. y R. Coirini. 2005. Goat preferences for native woody shrubs in the Chaco Árido region of Córdoba, Argentina. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(2): 243-247.
35. Corzo, L. A. 1994. Polco. Ed. Canguro.
36. Croley, T. E. 2000. Using meteorology probability forecasts in operational hydrology. ASCE Press.
37. Dalmaso, A. D.; Colomer, J. S.; Diblasi, A. M. y O. Borsetto. 1995. Dieta del caprino en el piedemonte de los Andes, Mendoza, Argentina. *Multequina* 4: 17-28.
38. De Francesco, C. G. 2010. Moluscos y paleoambientes del centro-oeste de Argentina durante el cuaternario. En: Zárata, M; Gil, A. y G. Neme (comp.). 2010. Condiciones paleoambientales y ocupaciones humanas durante la transición pleistoceno–holoceno y holoceno de Mendoza. Sociedad Argentina de Antropología. Buenos Aires. Pp.: 151-174.

39. De La Casa, A. C. y O. B. Nasello. 2012. Low frequency oscillation of rainfall in Córdoba, Argentina, and its relation with solar cycles and cosmic rays. *Atmospheric Research* 113: 140-146.
40. Díaz, O. R. 2007. Utilización de pasturas naturales. Ed. Encuentro. Córdoba.
41. Díaz, O. R. y U. O. Karlin. 1984. Importancia de las leñosas en los sistemas de producción ganadera. III Reunión de Intercambio Tecnológico de Zonas Áridas y Semiáridas. Catamarca.
42. Doyle, M. E. y V. R. Barros. 2000. Relación entre la precipitación estival y patrones de circulación. XI Congreso Brasileiro de Meteorologia 16: 1163-1167.
43. Dumanski, J. y C. Pieri. 2001. Aplicación de la estructura Presión-Estado-Respuesta para el programa de Indicadores de Calidad de la Tierra (ICT). En: Food and Agriculture Organization. 2001. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Boletín de Tierras y Aguas de FAO 5. FAO.
44. Durand, L. 2000. Modernidad y romanticismo en etnoecología. *Alteridades* 10(19): 143-150.
45. Enghoff, M. B. y H. Svensmark. 2008. The role of atmospheric ions in aerosol nucleation - a review. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8: 4911-4923.
46. Esbjörn-Hargens, S. y M. E. Zimmerman. 2009. An overview of integral ecology. A comprehensive approach to today's complex planetary issues. Integral Institute, Resource Paper 2: 1-14.
47. Farage, P.; Pretty, J. y A. Ball. 2007. Biophysical aspects of carbon sequestration in drylands. En: FAO. 2007. Carbon sequestration in arid lands. World Soil Resources Reports 102. Pp.: 32-41.
48. Felker, P.; Cannell, G. H.; Osborn, J. F.; Clark, P. R. y P. Nash. 1983. Effects of irrigation on biomass production of 32 *Prosopis* (Mesquite) accessions. *Experimental Agriculture* 19(2): 187-198.

49. Fernández de Kirchner, C. 2010. Discurso de presentación del Plan Estratégico Agroalimentario. <http://www.casarsada.gov.ar>. Ingreso: 13/11/2013.
50. Fernández Long, M. E.; Hurtado, R. y L. Serio. 2008. Señales del ENOS sobre la Región Noroeste Argentina. Actas XII Reunión Argentina de Agrometeorología, San Salvador de Jujuy - Argentina. Pp.: 7-8.
51. Flos, J. 2005. El concepto de información en la ecología margalefiana. *Ecosistemas* 14(1): 7-17.
52. Fröhlich, C. y J. Lean. 1998. The sun's total irradiance: Cycles, trends and related climate change uncertainties since 1976. *Geophysical Research Letters* 25(23): 4377-4380.
53. Gascón, M. y C. Caviedes. 2012. Clima y sociedad en Argentina y Chile durante el periodo colonial. *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura* 39(2): 159-185.
54. Glenn, E. P. y J. J. Brown. 1998. Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. *American Journal of Botany* 85(1): 10-16.
55. Gómez Augier, J. P. y M. A. Caria. 2009. La simbología prehispánica e histórica del Noroeste Argentino y su relación con los cambios paleoambientales. *Anales del Museo de América* XVII: 96-105.
56. Gutiérrez Elorza, M. 2008. Geomorfología. Pearson - Prentice Hall, Madrid.
57. Holdridge, L. R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105(2727): 367-368.
58. Holtz, U. 2003. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) y su dimensión política. [http://www.unccd.int/parliament/data/bginfo/PDUNCCD\(spa\).pdf](http://www.unccd.int/parliament/data/bginfo/PDUNCCD(spa).pdf). Ingreso: 03/05/2011.

59. Huenneke, L. F.; Anderson, J. P.; Remenga, M. y W. L. Schlesinger. 2002. Desertification alters patterns of aboveground net primary production in Chihuahuan ecosystems. *Global Change Biology* 8: 247-264.
60. Hutchinson, C.F. y S.M. Herrmann. 2008. Ecosystems. En: Hutchinson, C.F. y S.M. Herrmann. 2008. *The Future of Arid Lands-Revisited*. Cap. 6 Pg: 82-102.
61. Iglesias, M. R.; Barchuk, A. y M. P. Grilli. 2012. Carbon storage, community structure and canopy cover: A comparison along a precipitation gradient. *Forest Ecology and Management* 265: 218-229.
62. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). <http://www.indec.mecon.ar>. Ingreso: 20/09/2012.
63. IPCC. 2007. *Climate change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.
64. IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press. United Kingdom y New York, NY, USA.
65. Johnsen, S. J.; Dahl-Jensen, D.; Gundestrup, N.; Steffensen, J. P.; Clausen, H. B.; Miller, H.; Masson-Delmote, V.; Sveinbjörnsdottir, A. E. y J. White. 2001. Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. *Journal of Quaternary Science*, 16(4): 299-307.
66. Jørgensen, S. E y Y. M. Svirezhev. 2004. *Towards a thermodynamic theory for ecological systems*. Elsevier Ltd, Amsterdam.
67. Karlin, M. S. 2012. Cambios temporales del clima en la subregión del Chaco Árido. *Multequina* 21: 3-16.

68. Karlin, M. S. 2013a. Clima. En: Karlin, M. S. (ed.); Karlin, U. O.; Coirini, R. O. (coord.); Reati, G. J. y R. M. Zapata. 2013. El Chaco Árido. Ed. Encuentro. Pp.: 25-35.
69. Karlin, M. S. 2013b. Desiertos y climas: Historias de civilización y barbarie. La Imprenta Digital SRL.
70. Karlin, M. S. 2013c. Ecosemiosis and Integral Ecology in Salinas Grandes (Argentina). *Sign Systems Studies* 41. En prensa.
71. Karlin, M. S. 2013d. Relación suelo-planta en el Ecosistema Salinas Grandes, Provincia de Catamarca (Argentina). Tesis Doctoral. Escuela para Graduados FCA-UNC.
72. Karlin, M. S.; Bachmeier, O., Dalmasso, A., Sayago, J. M. y R. Sereno. 2011. Environmental dynamics in Salinas Grandes, Catamarca (Argentina). *Arid Land Research and Management* 25(4): 328-350.
73. Karlin, M. S. y E. V. Buffa. 2010. Suelos. En: Coirini, R. O.; Karlin, M. S. y G. J. Reati (Eds.). 2010. Manejo sustentable del ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido. Encuentro Grupo Editor. Pp.: 81-90.
74. Karlin, M.; Buffa, E.; Karlin, U. O.; Contreras, A.; Coirini, R. y E. Ruiz Posse. 2013a. Relaciones entre propiedades de suelo, comunidades vegetales y receptividad ganadera en ambientes salinos (Salinas Grandes, Catamarca, Argentina). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 8(1): 30-45.
75. Karlin, M. S.; Castro, G. y U. O. Karlin. 2010a. Social reproduction strategies in communities from dry saline areas. *Revista Zonas Áridas* 14(1): 233-253.
76. Karlin, M. S.; Coirini, R. O.; Contreras, A. M. y E. Buffa. 2009. Biodiversidad y potencialidad silvopastoril de cerramientos en diferentes ambientes en las Salinas Grandes, Provincia de Catamarca (Argentina). *Actas del 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*, Posadas, Misiones. Pp.: 85-92.

77. Karlin, M. S.; Galán, R.; Contreras, A. M.; Zapata, R. M.; Coirini, R. O. y E. J. Ruiz Posse. 2013b. Exergetic model of secondary successions for plant communities in Arid Chaco (Argentina). ISRN Biodiversity.
78. Karlin, M. S. y U. O. Karlin. 2013. Percepciones locales y etnoecología. En: Karlin, M. S. (ed.); Karlin, U. O.; Coirini, R. O. (coord.); Reati, G. J. y R. M. Zapata. 2013. El Chaco Árido. Ed. Encuentro. Pp.: 199-219.
79. Karlin, M. S.; Karlin, U. O. y R. O. Coirini. 2013c. Ubicación geográfica. En: Karlin, M. S. (ed.); Karlin, U. O.; Coirini, R. O. (coord.); Reati, G. J. y R. M. Zapata. 2013. El Chaco Árido. Ed. Encuentro. Pp.: 15-23.
80. Karlin, U. O.; Catalán, L. y R. O. Coirini. 1994. La naturaleza y el hombre en el Chaco Seco. Colección Nuestros Ecosistemas, Proyecto G.T.Z.- Desarrollo Agroforestal en Comunidades Rurales del Noroeste Argentino, Salta.
81. Karlin, U. O.; Coirini R. O.; Pietrarelli, L. y E. Perpiñal. 1992. Caracterización del Chaco Árido y propuesta de recuperación del recurso forestal. En: Karlin, U. O. y R. O. Coirini. 1992. Sistemas Agroforestales para pequeños productores de zonas áridas. U.N.C.-G.T.Z. Pp.: 7-12.
82. Karlin, U. O.; Karlin, M. S.; Coirini, R. O.; Croce, A.; Del Franco, M. E. y E. Ruiz Posse. 2010b. Las mejoras. En: Coirini, R. O.; Karlin, M. S. y G. J. Reati (eds.). 2010. Manejo sustentable del ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido. Encuentro Grupo Editor. Pp.: 223-232.
83. Karlin, U. O.; Karlin, M. y E. J. Ruiz Posse. 2010c. Ambientes y vegetación. En: Coirini, R. Karlin, M. y G. Reati (eds.). 2010. Manejo Sustentable del Ecosistema Salinas Grandes, Chaco Árido. Ed. Encuentro, Córdoba, Argentina. Pp: 91-118.
84. Karsenty, A. y S. Ongolo. 2012. Can "fragile states" decide to reduce their deforestation? The inappropriate use of the theory of incentives with respect to the REDD mechanism. *Forest Policy and Economics* 18: 38-45.

85. Kousky, V. y M. Halpert. 2006. Mean (1979-1995) 925 hPa vector wind and 200 hPa streamlines from the NCEP/NCAR reanalysis archive, and merged satellite estimates and station observations of precipitation. En: [http://www.clivar.org/sites/default/files/imported/organization/vamos/PublicPublic/vamos\\_pg3.htm](http://www.clivar.org/sites/default/files/imported/organization/vamos/PublicPublic/vamos_pg3.htm). Ingreso: 30/10/2013.
86. Labraga, J. C. y R. Villalba. 2009. Climate in Monte Desert: past trends, present conditions, and future projections. *Journal of Arid Environments* 73: 154-163.
87. Lean, J.; Beer, J. y R. Bradley. 1995. Reconstruction of solar irradiance since 1610: Implications for climate change. *Geophysical Research Letters* 22(23): 3195-3198.
88. Maccagno, P. y U. O. Karlin. 2003. Construcción y evaluación de un índice de desertificación en poblaciones rurales del Chaco Árido. En: Berdegué, J. A. 2003. Seguimiento y evaluación del manejo de los recursos naturales. Pp.: 305-327.
89. Maestre, F. T.; Bowker, M. A.; Puche, M. D.; Belén Hinojosa, M.; Martínez, I.; García-Palacios, P.; Castillo, A. P.; Soliveres, S.; Luzuriaga, A. L.; Sánchez, A. M.; Carreira, J. A.; Gallardo, A. y A. Escudero. 2009. Shrub encroachment can reverse desertification in semi-arid Mediterranean grasslands. *Ecology Letters* 12(9): 930-941.
90. Manazza, F. 2007. San Luis en cifras. EEA INTA San Luis. Documento on line. [www.conceptosl.com.ar/quines/docs/slCIFRAS.pdf](http://www.conceptosl.com.ar/quines/docs/slCIFRAS.pdf). Ingreso: 12/09/2012.
91. Margalef, R. 1956. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Investigaciones Pesqueras* 3: 99-106.
92. Márquez, J.; Pastrán, M; Ortiz, S.; Carela, S. y V. Sánchez. 2009. Procesos de deterioro ambiental en el Chaco Árido Sanjuanino, Argentina. En: Sayago, J. M. y M. M. Collantes (eds.). 2009. Geomorfología y cambio climático. Instituto de Geociencias y Medio

- Ambiente. Universidad Nacional de Tucumán. Magna Ediciones. Argentina. Pp.: 119-136.
93. Marshall, K. A. 1995. *Larrea tridentata*. En: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory. 1995. Fire Effects Information System. Documento Online: <http://www.fs.fed.us/database/feis/>. Ingreso: 13/11/2013.
  94. Martínez Estrada, E. 1942 [2007]. Radiografía de la pampa. Ed. Lozada.
  95. Méndez, E. 1993. Dinamismo de la vegetación en la Pampa Amarilla, San Rafael, Mendoza. *Multequina* 1: 73-81.
  96. Middleton, N. y D. S. G. Thomas. 1992. *World Atlas of Desertification*. United Nations Environment Programme (UNEP). Edward Arnold. Londres.
  97. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos (MAGyA) de la Provincia de Córdoba. <http://magya.cba.gov.ar>. Ingreso: 12/09/2012.
  98. Montenegro, C. (coord.). 2007. Informe sobre deforestación en Argentina. Dirección de Bosques-Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
  99. Morello, J. 1958. Provincia fitogeográfica del monte. *Opera Lilloana* 2: 1-155.
  100. Morello J.; Sancholuz, L. y C. Blanco. 1985. Estudio macroecológico de los Llanos de La Rioja. Serie del Cincuentenario de la Administración de Parques Nacionales N° 5: 1-53.
  101. National Weather Service. 2011. Cold and warm episodes by season. Changes to the Oceanic Niño Index (ONI). [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Ingreso: 12/11/2011.
  102. Núñez, U. J. 1980. Historia de San Luis. Ed. Plus Ultra.

103. Odum E. P. 1972. *Ecología*. McGraw-Hill, Mexico D.F.
104. Oliva, L.; Mazzarino, M.; Abril, A.; Núñez, G. y M. Acosta. 1993. Dinámica del nitrógeno y del agua del suelo en un desmonte selectivo en el Chaco Árido Argentino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28(6): 709-718.
105. Olivera, G. 2000. *Por travesías y oasis*. Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
106. Páez, S. A. y D. E. Marco. 2000. Seedling habitat structure in dry Chaco forest (Argentina). *Journal of Arid Environments* 46:57-68.
107. Patten, B. C. 1959. An introduction to the cybernetics of the ecosystem: The trophic-dynamic aspect. *Ecology* 40(2): 221-231.
108. Peña Zubiate, C. A. y A. d'Hiriart. 1996. Provincia de San Luis. En: PROSA. 1996. *El deterioro del ambiente en la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Pp.: 151-153.
109. Pizarro, C. 2006. "Ahora ya somos civilizados". La invisibilidad de la identidad indígena en un área rural del Valle de Catamarca. Ed. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba.
110. Prego, A. J. 1996. Incendios de campos. En: PROSA. 1996. *El deterioro del ambiente en la Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Pp.: 415-429.
111. Prohaska, F. J. 1959. El polo de calor de América del Sur. *IDIA* 141: 27-30.
112. Ragonese A. E. 1951. La vegetación de la República Argentina. II. - Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 5(1-2): 1-233.
113. Reynolds, J. F.; Maestre, F. T.; Huber-Sannwald, E.; Herrick J. y P. R. Kemp. 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas* 14(3): 3-21.
114. Reynolds, J. F. y D. M. Stafford Smith. 2002. Do humans cause deserts? En: Reynolds, J. F. y D. M. Stafford Smith (eds.). 2002. *Global*

- Desertification: Do humans cause deserts? Dahlem Workshop Report 88, Dahlem University Press, Berlin. Pp.: 1-21.
115. Rind, D. 2002. The sun's role in climate variations. *Science* 296: 673-677.
116. Rodionov, S. N. 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts. *Geophysical Research Letters* 31, L09204: 1-4.
117. Rojo, L. D.; Páez, M. M.; Chiesa, J. O.; Strasser, E. N. y F. Schäbitz. 2012. Palinología y condiciones paleoambientales durante los últimos 12.600 cal. años AP en Salinas del Bebedero (San Luis, Argentina). *Ameghiniana* 49(4): 427-441.
118. Roxburgh S. H.; Shea K. y J. B. Wilson. 2004. The intermediate disturbance hypothesis: patch dynamics and mechanisms of species coexistence. *Ecology* 85(2): 359-371.
119. Rusticucci, M. y O. Penalba. 2000. Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research* 16: 1-15.
120. Rusticucci, M. y W. Vargas. 2002. Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology* 22: 467-483.
121. Ryan, M. G. 1991. Effects of climate change on plant respiration. *Ecological Application* 1(2): 157-167.
122. Sarmiento, D. F. 1845 [2007]. *Facundo*. Colección Ombú. Gradifco.
123. Sayago, J. M. 1981. Morfogénesis de los barreales y su relación con el deterioro del paisaje en el valle de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 15(3): 75-85.
124. Schlesinger, W. H.; Reynolds, J. F.; Cunningham, G. L.; Huenneke, L. F.; Jarrell, W. M.; Virginia, R. A. y W. G. Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247: 1043-1048.
125. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). <http://www.senasa.gov.ar>. Ingreso: 12/09/2012.

126. Shafi M. I. y G. A. Yarranton. 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession. *Ecology* 54(4): 897-902.
127. Sherwin W. B. 2010. Entropy and information approaches to genetic diversity and its expression: genomic geography. *Entropy* 12: 1765-1798.
128. Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. USDA-NRCS. Eleventh Edition.
129. Solomon, S.; Rosenlof, K. H.; Portmann R. W; Daniel, J. S.; Davis, S. M.; Sanford, T. J. y G.-K. Plattner. 2010. Contributions of stratospheric water vapor to decadal changes in the rate of global warming. *Science* 327: 1219-1222.
130. Stape, J. L.; Binkley, D. y M. G. Ryan. 2004. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management* 193(1): 17-31.
131. Stone, R. 2008. Ecosystems-Have desert researchers discovered a hidden loop in the carbon cycle. *Science* 320(5882): 1409-1410.
132. Stone L. y S. Ezrati. 1996. Chaos, cycles and spatiotemporal dynamics in plant ecology. *Journal of Ecology* 84(2): 279-291.
133. Suarez, D. 2006. Inorganic carbon. *Encyclopedia of Soil Science*. Taylor & Francis. Pp.: 895-897.
134. Svensmark, H. 2000. Cosmic rays and earth's climate. *Space Science Reviews* 93: 155-166.
135. Svensmark, H.; Pedersen, J. O. P.; Marsh, N. D.; Enghoff, M. B. y U. I. Uggerhøj. 2007. Experimental evidence for the role of ions in particle nucleation under atmospheric conditions. *Proceedings of the Royal Society* 463: 385-396.
136. Tesón, N. 2011. Balance hidrológico y flujo de nutrientes asociados al agua en plantaciones de *Eucalyptus grandis*, en Concordia (Entre

- Ríos). Tesis de Doctorado Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales.
137. Thomas, S. R.; Owens, M. J. y M. Lockwood. 2013. The 22-year Hale Cycle in cosmic ray flux evidence for direct heliospheric modulation. *Solar Physics*. DOI 10.1007/s11207-013-0341-5.
  138. Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review* 38(1): 55-94.
  139. Tilman D. 1996. Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology* 77(2): 350-363.
  140. Transparency International. 2013. <http://www.transparency.org>. Ingreso: 10/11/2013.
  141. Villagrán, C. 1993. Una interpretación climática del registro palinológico del último ciclo glacial-postglacial en Sudamérica. *Bulletin de l'Institut Francais d'Études Andines* 22(1): 243-258.
  142. Vinuesa, R. 2009. "Se cosecharon más de 300 mil hectáreas en San Luis y la soja fue la más sembrada". *El Diario de la República*. Sección Campo. Artículo periodístico (14 de junio 2009).
  143. Watt, A. S. 1947. Patterns and process in the plant community. *Journal of Ecology* 35(1/2): 1-22.
  144. Wezel, A.; Rajot, J. L. y C. Herbrig. 2000. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. *Journal of Arid Environments* 44(4): 383-398.
  145. Yuan, B.C.; Li, Z.Z.; Liu, H. Gao, M. y Y.Y. Zhang. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology* 35: 319-328.







**More  
Books!** 



**yes**  
**i want morebooks!**

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at

**[www.get-morebooks.com](http://www.get-morebooks.com)**

¡Compre sus libros rápido y directo en internet, en una de las librerías en línea con mayor crecimiento en el mundo! Producción que protege el medio ambiente a través de las tecnologías de impresión bajo demanda.

Compre sus libros online en

**[www.morebooks.es](http://www.morebooks.es)**





