

Forestación contra Viento y Marea

Por Erick Bellido Yáñez

Nadie se imaginó que un pequeño ensayo de forestación realizado en una hectárea se convertiría, al cabo de tres años de intenso trabajo, en una exitosa experiencia arborícola en Chañaral. Así es, porque ya para 2004 se proyecta aumentar las áreas forestadas gracias a la gran capacidad regenerativa de las especies, la alta tolerancia a la salinidad y la buena resistencia a condiciones extremas de sol, suelo y viento, sorteando incluso su estrecha cercanía con la playa y el mar.

Pero más allá de la exitosa recuperación de los suelos mediante esta innovadora experiencia de forestación, se ha podido atenuar ostensiblemente la acumulación de sedimentos mineros en la bahía de Chañaral. Merced a ello se vislumbra una positiva gestión de sustentabilidad de

la región, dado que la forestación está logrando cambiar el árido paisaje.

La primera etapa de este proceso se dedicó, principalmente, a la identificación de las especies, descubriéndose las bondades de la *Atriplex nummularia* (conocida como murmularia o cachiyyo), la Sosa Marítima y la Sacocornia fructífera, variedades que costó mucho reproducirlas en viveros, pese a encontrarse en forma natural en la zona.

Otra de las especies exitosas en el control de dunas es la *Mesembryantum cristalinum* (Escarcha), similar a la Doca, una planta propia de marismas y de comportamiento agresivo en condiciones normales, producto de su rápida dispersión. Para esta experiencia, se trajeron semillas desde la Provincia del Huasco y a

modo de prueba se efectuaron experimentos de germinación, alcanzándose un buen resultado germinativo, especialmente en arena común.

Hernán Saavedra, ingeniero forestal y jefe del proyecto de forestación experimental en Chañaral de CONAF, comenta: "la experiencia de forestación buscaba en sus inicios intentar fijar vegetación en la bahía para establecer algún tipo de control vegetal asociado a barreras, una labor tradicional vinculada al control de dunas, pero en este caso de dunas de relaves, las cuales se produjeron por la acumulación de desechos mineros depositados a mediados de 1900 por la Andes Copper Mining Co. Estos desperdicios iban a dar directamente al mar. Un proceso de contaminación que Codelco puso fin a comienzos de 1990 con un plan de gestión ambiental,



CONAF y CODELCO aliados en la recuperación de suelos degradados en la Región de Atacama, caracterizados por las dunas de relaves.

que hoy se viene a complementar con este proyecto de forestación de CONAF”.

Primera Fase

En una parcela de 0,6 hectáreas se dio inicio a la primera zona experimental de forestación en medio de las citadas arenas de relave. Este programa permitió obtener un cúmulo de conocimientos, ya que no existían referencias anteriores debidamente documentadas para cultivar en medio de un hostil terreno. Gracias al trabajo de Ricardo Crisóstomo, ingeniero forestal y actual jefe de Área Curacautín de CONAF, se pudo lograr sentar las bases del desafío emprendido. La misión de este proyecto fue en sus inicios identificar las especies a utilizar, respondiendo a las preguntas: qué, con qué y para qué.

Así partieron plantando en muchos sectores *Atriplex nummularia*, usando casillas de 40 x 40. La base de la preparación de la mezcla para las casillas fue la tierra del vertedero antiguo de Chañaral, por presentar un contenido de materia orgánica superior a la tierra común. Además, para aumentar la infiltración del agua de riego en el sustrato, se decidió incorporar arena de relave. Los resultados de un análisis químico de la composición de la tierra de vertedero y la arena de relave se muestran en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Análisis químico de los sustratos utilizados en la plantación.

ANÁLISIS	UNIDAD	MUESTRAS	
		Tierra Vertedero	Arena Relave
Nitrógeno Total	Mg/Kg	2100	88
Fósforo Olsen	Mg/Kg	97	5.6
Potasio Disponible	Mg/Kg	3050	234
Materia Orgánica	%	16.2	3.2
PH	-	8.24	8.07
Conductividad Eléctrica	DS/m	676	37.1
Salinidad	Mg/L	43264	23744
Cobre Total	Mg/Kg	699	727
Arsénico Total	Mg/Kg	23.0	24.2
Zinc Total	Mg/Kg	680	17
Magnesio Total	%	0.56	0.24
Sulfato Soluble	Mmol(-)/L	169	89

Fuente: Universidad de Atacama / Certificado de Análisis N° 815/2001. IDICTEC.

Desde mediados de 2001 a la fecha, la Corporación Nacional Forestal, apoyada por la División Salvador de CODELCO Chile, realiza cultivos experimentales y forestación de especies arbustivas, logrando significativos avances en la adaptación a la bahía de Chañaral. Ello para evitar la dispersión de las arenas y la formación de dunas de antiguos relaves mineros.

Afortunadamente, las respuestas de los arbustos plantados fue bastante pareja respecto de la preparación. De esta forma, lo único que ha demorado es el crecimiento de las especies utilizadas, por cuanto ello depende de la cantidad de arcilla empleada, dado que mientras más pesado el sustrato, se demoran más en crecer; en tanto que al ser el sustrato más liviano, los arbustos demoran menos tiempo en crecer.

Consultado Saavedra sobre los árboles y arbustos destinados al proyecto, el especialista señaló: “Hemos tenido varias experiencias, probando con *Ammophila arenaria* y *Lupinus arboreus* (Chocho), ambos empleados usual-

mente en el control de dunas. No obstante, estas especies no dieron resultados de adaptabilidad, por las características del sustrato presente en Chañaral, ya que contienen diversos metales pesados, como el zinc, molibdeno y, por sobre todo, altas concentraciones de cobre. A ello se suma la velocidad de infiltración del agua, mucho más rápida que en la arena tradicional, todo lo cual redundará finalmente en que las plantas se sequen. De ahí la necesidad de invertir

mucho trabajo y dedicación para lograr obtener resultados en el tiempo”.

Por cierto, uno de los mayores problemas que debió sortear este osado proyecto fue la salinidad extrema del lugar, debido a lo cual las plantas no respondieron. Incluso se intentó -según el ingeniero de CONAF- la utilización de estacas, sin lograr los avances esperados en una primera etapa experimental.

Variables y Resultados

Viento.- Muchos arbustos se secaron por no contar con protección individual contra el viento. El efecto del viento al ser un agente desecante impide que las plantas crezcan más allá de la protección.

Riego.- Las plantas y viveros se regaron en un principio con agua dulce acopiada de zonas aledañas. Pero con el tiempo se mezcló con otra salada, a fin de ir adaptándolas con cuotas cada vez más crecientes, para finalmente terminar regando con agua de pozo, que presenta mayores concentraciones de salinidad por estar muy cerca del nivel del mar. En esta primera fase, el agua de pozo está a 80 cms. de la superficie. En la segunda fase, las plantas tuvieron una mejor respuesta al contar con casillas de 80 x 80 cms. y, a través de un rizotrón, se midió la colonización de las raíces del sustrato, comprobando que cuando ellas llegan al borde del relave, éstas se devuelven y su extensión o crecimiento se detiene cuando acceden al agua.

Las muestras del agua con la cual se riegan las plantas indicaron una alta concentración de cloruro por la cercanía con el mar (200 metros de la línea actual de costa).

Tabla N°2: Resultados del análisis según NCh 1.333 para el agua utilizada en el área de ensayo.

Análisis	Unidad	Resultado	Máx. Permitido NCh 1.333	% Exceso sobre la NCh 1.333
Aluminio	mg/l	<0.3	5.0	C.N
Arsénico	mg/l	0.22	0.1	220%
Bario	mg/l	<0.5	4.0	C.N
Berilio	mg/l	<0.03	0.1	C.N
Boro	mg/l	17.7	0.75	2360%
Calcio	mg/l	361	-	-
Cadmio	mg/l	<0.001	0.01	C.N
Cianuro	mg/l	0.19	0.2	C.N
Cloruro	mg/l	8.500	200	4250%
Cond. Eléctrica	mS/cm	26.9	-	-
Cobalto	mg/l	<0.01	0.05	C.N
Cobre	mg/l	1.11	0.2	555%
Cromo	mg/l	<0.1	0.1	C.N
Hierro	mg/l	<0.1	5.0	C.N
Fluoruro	mg/l	0.87	1.0	C.N
Litio	mg/l	12.58	2.5	503%
Magnesio	mg/l	163	-	-
Manganeso	mg/l	1.00	0.2	500%
Mercurio	mg/l	<0.0002	0.001	C.N
Molibdeno	mg/l	1.04	0.01	10400%
Niquel	mg/l	<0.01	0.2	C.N
PH	Unidad	7.24	5.5 - 9.0	C.N
Plata	mg/l	<0.1	0.2	C.N
Potasio	mg/l	230	-	-
Plomo	mg/l	<0.001	5.0	C.N
Selenio	mg/l	<0.002	0.02	C.N
Sodio	mg/l	6110	-	-
Sodio Porcentual	%	88	35	251%
Sólidos Disueltos	mg/l	41350	-	-
Sulfato	mg/l	2410	250	964%
Vanadio	mg/l	<2	0.1	C.N
Zinc		0.022	2.0	C.N

C.N: Cumple con la NCh 1.333.

Fuente: Certificado de Análisis N° 258/2001 del IDICTEC. Universidad de Atacama.

Dunas.- Las dunas pueden llegar a alcanzar hasta los tres metros de altura, debiéndose disminuir su tamaño a pala. Si las barreras de 2,30 metros de altura no se hubiesen levantado oportunamente, todo el trabajo emprendido por CONAF se habría perdido, ya que ellas avanzan tan rápido que pueden tapar en el corto plazo los cultivos experimentales.

Segunda Fase

En la actualidad se trabaja en la concreción de una segunda etapa, que consiste en reforzar la barrera mecánica, construida inicialmente de 1,80 metro de altura, con malla raschel -usada en viveros, por lo general- para evitar que la arena pase a la zona de cultivos experimentales. Producto de esto, se formó una ante duna, ubicada

detrás de la barrera y fuera de la zona forestada, y otra pequeña duna agolpada delante de la barrera, es decir, al interior del área de pruebas donde los niveles son más o menos parejos.

Ahora bien, lo que se trata de hacer es controlar la ante duna para impedir que siga creciendo, incluso sacándola a pala y mano.

Saavedra evalúa la gestión realizada afirmando que "la segunda fase fue lejos más exitosa que la primera. Con las especies tradicionales nos dimos cuenta que no lográbamos lo esperado. Por ello que nos pusimos a estudiar los resultados conseguidos con otras especies, de mayor adaptación a los ambientes áridos".

De cada 100 especies arbóreas plantadas sólo una logró sobrevivir en las pruebas iniciales, pese a las protecciones individuales que se aplicaron para sortear el intenso viento presente en Chañaral durante todo el día.

Pero no todas las pruebas fueron tan negativas, también se cosecharon éxitos al probar con *Agacia saligna* (Aromo Azul), *Acacia capensis*, *Prosopis chilensis* y *Prosopis tamarugo*. Sin embargo, la especie con mejores resultados fue la *Atriplex atacamensis* y *Atriplex nummularia*. Esta última registró importantes índices al presentar un 80% de prendimiento en los primeros resultados.

Desde 2001 a la fecha se ha perfeccionado la técnica de reproducción en viveros, sometiendo a las especies a un periodo de entre tres a cuatro meses de acostumbramiento: en el caso de producidas fuera de Chañaral, cambiándoles el agua, podándolas para hacerlas más resistentes al viento y, por último, teniéndolas listas para plantarlas en su destino final, a una densidad de cinco metros, con un modelo de plantación en tresbolillo con la idea de abarcar más superficie con menos plantas.

El objetivo central de la segunda fase fue reproducir lo que se había identificado, intentando establecer masa vegetal en la duna, con muy buenos dividendos.

Según los análisis efectuados por la Dra. Rossanna Ginocchio, del Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en cuanto al contenido de metales en muestras de hojas de vegetales utilizadas en los ensayos de forestación de CONAF, con edad mayor a un año, las concentraciones de cobre superan en forma significativa las consideradas normales para especies vegetales. En cambio,

las concentraciones de zinc se pueden aceptar dentro del rango de la normalidad para casi todas las especies analizadas, como aparece en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3: Contenido de metales en vegetales.

ESPECIE	COBRE *	ZINC **
	(mg/kg)	(mg/kg)
<i>Acacia saligna</i>	138	189
<i>Atriplex nummularia</i>	107	58
<i>Atriplex semibacata</i>	86	140
<i>Mioporum laetum</i>	43	48
Sosa	223	36
Totorá ***	126	12

* Concentración normal para estructuras aéreas maduras: 5-20 mg/kg.
** Concentración normal para estructuras aéreas maduras: 27-150 mg/kg.

En tanto que la Tabla N° 4 exhibe las características físico-químicas generales de las muestras tomadas en terreno. Entre paréntesis se indica lo adecuado/inadecuado de cada característica para el crecimiento de plantas.

Por otra parte, los resultados arrojados en la columna "PLAYA" se refieren a muestras tomadas al azar, fuera de la parcela de experimentación. Mientras que la columna "RELAVES CONAF" hace mención a muestras tomadas al interior de la parcela de ensayo, específicamente en el sector de la plantación con *Atriplex nummularia* inicial y en el sector donde se instaló el primer ensayo con especies arbóreas.

Tabla N° 4: Características físico-químicas del terreno.

CARACTERÍSTICA	PLAYA	RELAVES CONAF
Textura	Arenosa	Limosa
PH en Agua	8,4 (alcalino)	4,5 (ácido)
Materia Orgánica (%)	0,2 (muy baja)	0,64 (baja)
Salinidad (mmhos/cm)	4,2 (muy alta)	22,0 (muy alta)
Nitrógeno Disponible (mg/kg)	21 (muy bajo)	49 (medio)
Fósforo Disponible (mg/kg)	3 (muy bajo)	1 (muy bajo)
Potasio Disponible (mg/kg)	143 (medio)	276 (adecuado)
Cobre Disponible (mg/kg)	85,3 (excesivo)	636 (excesivo)
Zinc Disponible (mg/kg)	0,45 (deficiente)	3,38 (adecuado)
Molibdeno Disponible (mg/kg)	2,47	10,3

Dicho análisis demuestra el efecto modificador del sustrato que ejerce la vegetación a través de sus raíces, en conjunto con las labores culturales tendientes a mejorar sus condiciones.



En viveros de Chañaral se experimenta con diversas especies para su adaptación a las exigentes condiciones de sol, suelo y viento del lugar. En la foto, sosa en bolsa.

Lo que Viene

En relación a los próximos pasos, se pretende ampliar la zona de ensayos a tres ha., las que ya han sido concesionadas por la Capitanía de Puerto de Chañaral para el año 2004. La idea es replicar en dicha zona la experiencia con barreras mecánicas, nuevas forestaciones tanto con las especies identificadas como con las que se descubran en nuevas iniciativas. Se quiere iniciar también otros ensayos con especies que logren de alguna forma fijar nutrientes en el suelo, como *Acacia cyclops*, y con otras propias de zonas áridas, como *Tamarix articulata*.

A ello se agregarían siete ha, ubicadas en la zona de mayor depositación de arena y donde las dunas de relave son más activas, teniendo un total de 12 ha para finales de 2005. Sin embargo, los trabajos y acciones para mitigar los efectos asociados a la contaminación de la bahía de Chañaral deben ser enfrentados de forma coordinada entre CONAF, la Municipalidad, CODELCO Chile y CONAMA, entre otros, a fin de asegurar a la población un ambiente libre de contaminación. ■■