

## 2 CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS PRESENTES EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Carlos Sierra B,  
csierra@inia.cl  
Angélica Salvatierra G,  
asalvatierra@inia.cl

### 2.1 Introducción

Los suelos de la región de Coquimbo se caracterizan por presentar un bajo contenido de materia orgánica, pH cercanos a 7 o más altos, y en algunos casos texturas arcillosas con escasa macroporosidad que implican una excesiva retención de humedad o, una salinidad moderadamente alta.

Estas características edáficas, inapropiadas para los arándanos, hacen que el uso de sustratos sea una práctica fundamental para este cultivo, especialmente bajo las condiciones de la zona norte de Chile.

Uno de los principales aspectos a resolver por los agricultores cuando deciden plantar arándanos es el tipo de sustrato y consiguientemente donde obtenerlo, de manera que tenga un costo razonable. También se tiene que resolver la cantidad apropiada de sustrato. Esto está relacionado con el tipo de suelo y el sistema de cultivo que se utilizará (macetas o en camellones). En la región de Coquimbo los sustratos orgánicos son escasos. Sin embargo, hay industrias de importancia, la pisquera y olivícola, las cuales generan subproductos que pueden llegar a representar sustratos posibles de usar en el cultivo del arándano. Bajo este supuesto, se evaluaron diferentes materiales y mezclas locales cuyos resultados se discuten en este capítulo.

### 2.2 Características de sustratos para el cultivo de arándanos

Se define como sustrato todo aquel material sólido distinto del suelo, natural o sintético, orgánico o mineral, en forma pura o en mezcla, que otorga anclaje al sistema radicular y, por consiguiente, desempeña un rol de soporte a la planta (Abad, 1991); interviniendo o no en el proceso de nutrición de la planta (Pastor, 2001). Aquellos sustratos que actúan como soporte de la plantas son llamados químicamente inertes a diferencia de los químicamente activos, que intervienen en el proceso de adsorción y fijación de nutrientes.

Desde el punto de vista de propiedades físicas, los sustratos deben tener una granulometría y estabilidad estructural tal que permita una aireación elevada (Messerer, 1998), de manera de favorecer un buen crecimiento radicular. En general, según Rodríguez y Zazueta (2004), para obtener buenos resultados durante el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características de sustratos:



- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).
- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.
- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

El sustrato ideal es aquel que reúne la mayor parte de las características arriba mencionadas, siendo el costo de éste, un criterio importante en la selección, que para el caso de la zona norte, puede llegar a representar un 20% o más de los costos de establecimiento.


Para la planta de arándano, se deben escoger aquellos sustratos que se caracterizan por presentar una alta macroporosidad, idealmente superior al 50 %; baja conductividad eléctrica (sin sales) y, de pH más bien ácidos. Desde el punto de vista de manejo es importante considerar las características de sustrato seleccionado, especialmente la porosidad, que implica un cuidadoso manejo de agua de riego, ó su capacidad de retención de humedad, de manera que se debe elegir el sistema de fertirrigación más adecuado. Prácticamente, ningún sustrato es inadecuado si se puede adaptar el manejo a sus características, pero es más razonable escoger el sustrato de acuerdo a los requerimientos de las plantas y a las posibilidades reales de cada explotación.

### **2.3 Descripción de sustratos utilizados o posibles de usar**

La literatura generalmente señala como sustrato orgánico adecuado para el cultivo del arándano, la corteza de pino, la turba y el aserrín de pino.

La corteza de pino se caracteriza por presentar espacios porosos internos, los que junto con los espacios entre partículas permiten retener humedad, nutrientes y además proveen de aire. El pH de se encuentra en general en rango entre 4 y 5, ideal para los arándanos.





La turba es de origen natural producida por la descomposición lenta de vegetales en formaciones sedimentarias con exceso de humedad y deficiente oxigenación. La turba, como parte de un sustrato, aumenta la capacidad de retención de agua, la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje; aumenta la densidad aparente, facilitando el desarrollo radicular; aumenta el efecto amortiguador, que permite equilibrar el pH y las sales solubles; es una fuente de liberación lenta de nitrógeno y mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta (FAO, 2002).

El aserrín, el cual proviene de pino, es el sustrato recomendado por excelencia, la razón básicamente se origina en el pH de este tipo de aserrín, mejora las condiciones físicas del sustrato, además el tamaño de partícula permite que sea fácil su mezcla con otros componentes. El contenido muy bajo de nitrógeno del aserrín excluye cualquier dificultad con la estabilidad química y biológica posterior a la pasteurización. Más aún, el aserrín con alto contenido de lignina es una forma relativamente durable de materia orgánica. Algunas especies contienen toxinas que pueden tener efectos negativos sobre las plantas cultivadas, por lo tanto debe compostarse porque en estado fresco su tasa de descomposición y demanda de nitrógeno es alta y puede contener sustancias tóxicas.

El pH del aserrín puede variar de acuerdo a la especie de origen, entre 4,8 a 6,8 siendo ligeramente ácido, por lo que disminuye el ataque de hongos y su poca fertilidad permite manejar la nutrición de las plantas (Sandoval y Stuardo, 2001). Este material no está presente a nivel local y sólo se puede contar con material proveniente de barracas, el cual es una mezcla de maderas. En todo caso esto no es una alternativa viable dado los bajos volúmenes disponibles.

Los materiales anteriormente mencionados son poco factibles de hallar en la zona norte y por esto los costos son más altos que en las regiones del sur. Por lo tanto, con el fin de entregar alternativas de sustratos orgánicos para los agricultores de la zona norte, es que se propuso caracterizar y evaluar sustratos orgánicos provenientes de las industrias locales como la industria pisquera y de la industria olivícola en comparación con otras mezclas provenientes de la zona sur.

El sarmiento de plantaciones de vides, según Labrador (2001), constituye en la actualidad un problema para el agricultor, que suele eliminar quemándolos en el propio campo. Esto supone un despilfarro de biomasa, con pérdidas de materia orgánica importantes y una agresión medioambiental por las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Esto mismo ha provocado un cambio entre los agricultores zonales y ahora en general este sarmiento es repicado e incorporado en las mismas plantaciones.

Otro sustrato orgánico es el orujo de uvas proveniente de la industria pisquera, comprende los restos de pulpa, piel; y semillas. Por el momento este residuo es compostado y se les entrega a los asociados de la empresa pisquera, por tanto debido a su baja disponibilidad no se ve como una alternativa factible de usar.

El orujo de aceitunas, secos y extractos se generan durante la extracción del aceite de oliva; su naturaleza es lignocelulósica, con una elevada relación carbono



nitrógeno (C/N), muy resistente a la biodegradación, con escaso contenido de nutrientes y materia orgánica humificada. El orujo húmedo o alperujo, proveniente del sistema de centrifugación de dos fases, presenta un alto contenido en humedad del 55-65% (Alburquerque *et al.*, 2004). La biotransformación del alperujo como fertilizante orgánico, o bien como sustrato mezclado con otros materiales que aporten aireación, es un proceso perfectamente viable (Nogales, 2001; citado por Labrador, (2001).

Por último, el capotillo de arroz se incluye dado que en algunas plantaciones locales fue usado como parte de las mezclas. Este residuo orgánico mayoritario resulta de la elaboración del arroz y corresponde a la cascarilla. Presenta propiedades fisicoquímicas interesantes, es un material ligero, densidad aparente entre 0,09 y 0,20 g de materia seca por cc., fácilmente degradable, porosidad alta, un pH neutro, con conductividad eléctrica baja, rico en potasio y fósforo y pobre en nitrógeno. Se suele utilizar directamente como sustrato, o en mezcla Labrador, (2001).

### 2.3.1 Caracterización físico química de sustratos locales

A pesar de que la disponibilidad de residuos orgánicos es escasa, se considera importante entregar información recabada en este proyecto, sobre las propiedades físicas y químicas de los sustratos locales.

En el Cuadro 2.1 se presentan las principales características físicas y químicas de materias primas locales. Como se mencionó anteriormente, una de las principales características que se busca en los sustratos para el cultivo de arándanos, es la porosidad, que es el espacio entre partículas, que está influida por el tamaño de las partículas, además del pH ácido y una baja salinidad.

El escobajo y sarmiento picado en estado crudo presenta una macroporosidad interesante para el arándano. Uno de los principales problemas que presentan estos materiales es el tamaño de partículas que puede dificultar el manejo en el establecimiento acarreado una desuniformidad en las condiciones del sustrato lo que impide un buen establecimiento de las plantas. También es importante controlar bien el agua de riego, dado que los microporos, los cuales retienen humedad, son escasos a diferencia del aserrín, lo que implicaría una mayor frecuencia de riego.

Se sugiere que al usar estos materiales, éstos deben ser sometidos a un compostaje controlado, para evitar que el tamaño desuniforme de partículas y la presencia de posibles sustancias nocivas presentes, generen problemas una vez que las plantaciones están establecidas en el campo.

En cuanto a pH si bien todos los materiales presentan un valor superior a 5, excepto el aserrín, esta condición puede ser manejada a través de la acidulación del agua de riego. Según los requerimientos de pH de los arándanos se habla como rango óptimo de 4,5- 5,5.



En cuanto a la conductividad eléctrica los rangos fueron más amplios, fluctuando entre 0,6 y 10,4 dS/m para aserrín y orujo de uva pisquera respectivamente. El alto valor de conductividad eléctrica del orujo de uva se explica por el alto contenido de nitrógeno y potasio 863 ppm y 16.990 ppm respectivamente.

**Cuadro 2.1. Características físicas y químicas, más relevantes de materias primas locales para el cultivo de arándanos. (1)**

Materiales	Porosidad de Aireación	Densidad Aparente	Porosidad retención de humedad	pH	C.E. (*)
	(% volumen)	g/cc	(% volumen)		dS/m
Aserrín	15,2	0,23	63,8	4,0	0,6
Alperujo compostado	17,4	0,48	39,2	5,9	2,7
Alperujo sin compostar	22,7	0,56	38,4	6,1	7,1
Escobajo picado de uva pisquera	54,2	0,14	29,1	5,6	5,9
Orujo de uva pisquera	30,4	0,37	31,6	5,8	10,4
Sarmiento picado de uva pisquera	42,3	0,20	23,1	5,2	3,4
Capotillo de arroz	74,3	0,16	15,3	6,2	5,5

(1) Adaptado de Pizarro, 2006; (\*) Método Suspensión 1:5

En el Cuadro 2.2 se indican los contenidos de los principales macronutrientes, en cada uno de los materiales locales. En cuanto al nitrógeno total que se encuentra en los materiales locales, todos ellos contienen valores dentro del rango de 10.000 a 20.000 mg kg<sup>-1</sup>, a excepción del aserrín, el cual se encuentra muy por bajo este rango. En cuanto al contenido total de fósforo, los materiales provenientes de la industria pisquera contiene valores entre 1.000 y 3.000 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que el aserrín presenta un valor por debajo este rango (Bañados, 2005).

Finalmente, el contenido total de potasio varía entre 10.000 a 20.000 mg kg<sup>-1</sup>, en los materiales de alperujo, escobajo y orujo. Mientras que el aserrín presenta valores muy bajos.

**Cuadro 2.2. Contenido de nutrientes en sustratos orgánicos presentes en la región de Coquimbo y provenientes de otras regiones (mg kg<sup>-1</sup>) (1).**

Materiales	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	Total	Disp.	Total	Disp.	Total	Disp.
Aserrín de barraca	1.100	11	300	256	496	400
Alperujo compostado	18.400	15	700	75	15.000	1.386
Alperujo sin compostado	12.480	16	1.300	1.150	12.200	1.620
Escobajo picado	11.300	39	1.300	410	16.700	16.110
Orujo de uva	24.800	863	3.300	1.950	18.900	16.990
Sarmiento picado	8.130	63	900	320	6.400	6.160
Capotillo de arroz	3.100	48	300	92	7.000	6.200

(1) Adaptado de Pizarro, (2006).

Estos podrían considerarse sustratos adecuados para formar parte de una mezcla de ellos para el cultivo de arándanos, pero también se debe considerar las características químicas de ellos y en mezcla con otros sustratos.

### 2.3.2 Mezclas de sustratos locales y provenientes de otra región

Una manera de suplir la escasez de materiales locales o bien disminuir los costos del sustrato es a través de la mezcla de diferentes sustratos. La porosidad total, porosidad de aireación y retención de humedad de algunas de las mezclas con materiales locales se presentan en el Cuadro 2.3. Todas las mezclas presentan una macroporosidad sobre 40 %. Mientras que la microporosidad fue variable. Las mezclas capotillo de arroz + sarmiento y capotillo de arroz + escobajo presentan menos microporos que retienen humedad y una porosidad de aireación sobre 50%. La acidez (pH) de las muestras varió entre 6 y 7 y la C.E. se mantuvo similar a las muestras originales.

Las mezclas de los materiales se hicieron sin un proceso previo de compostaje controlado. Esto implicó trabajar con mezclas que contenían un tamaño de partículas grandes y muy desuniformes, lo cual genera problemas en la manipulación y aplicación una vez que se hacen las plantaciones en terreno.

Varias de las mezclas analizadas presentaron una salinidad considerada ligeramente alta para arándanos, los cuales requieren una C.E. menor de 1,5 dS/m. Sin embargo, hay mezclas donde el orujo de uva está presente, con la conductividad eléctrica muy elevada, sobre 5 dS/m, lo cual está relacionado con el alto contenido de potasio y de sodio, especialmente de la mezcla de escobajo y orujo de uva (Cuadro 2.3).



**Cuadro 2.3. Evaluación de porosidad total, aireación y retención de humedad de 10 mezclas de materiales bases.**

Mezclas	Prop.*	Porosidad			pH	C.E.
		Total	Macro	Micro		
	(v/v)	%				dS/m
Escobajo: Capotillo de arroz	1:1	81,6	60,8	20,8	7,0	7,0
Capotillo de arroz: Sarmiento	1:1	73,8	55,7	18,1	6,0	6,0
Escobajo: Orujo de uva pisquera	3:1	79,7	50,7	29	6,5	6,5
Escobajo: Sarmiento	1:1	77,4	46,2	31,2	6,4	6,4
Aserrín: Capotillo de arroz	1:1	79,8	45,9	33,9	6,0	6,0
Orujo de uva pisquera: Capotillo de arroz	1:1	68,9	41,7	27,2	6,5	6,5
Escobajo: Orujo de uva pisquera	1:1	68	40,7	27,3	6,3	6,3
Aserrín: Escobajo picado de uva pisquera	1:1	79,1	40,5	38,6	6,5	6,5
Aserrín: Sarmiento picado de uva pisquera	1:3	66,8	39,0	37,8	6,4	6,4
Alperujo compostado: Capotillo de arroz	1:2	78,7	46,5	32,2	6,6	6,6

(\*) (v/v) Proporciones de la mezcla, expresado en volumen

Los contenidos de nitrógeno total y disponible son variables, presentándose en mayor grado en las mezclas que contienen orujo en una proporción igual con capotillo de arroz y con escobajo (Cuadro 2.4).

Cabe destacar que las mezclas presentaron un alto contenido de fósforo y potasio, excepto la mezcla alperujo, capotillo de arroz. Las mezclas con un mayor nivel de sodio disponible son aquellas que contienen escobajo o sarmiento.

**Cuadro 2.4. Caracterización del contenido de nitrógeno total y disponible, fósforo, potasio calcio, magnesio**

Mezclas	Prop.*	N Total	N	P	K	Ca	Mg	Na
		(v/v)	%	Disponible (mg/ kg)				
Escobajo: Capotillo de arroz	1:1	0,46	13	154	8.860	2.896	654	379
Capotillo de arroz: Sarmiento	1:1	0,58	58	127	4.020	2.024	750	140
Escobajo: Orujo de uva pisquera	3:1	1,99	46	556	14.840	3.360	952	540
Escobajo: Sarmiento	1:1	1,27	36	213	9.360	3.852	1.119	499
Aserrín: Capotillo de arroz	1:1	0,19	10	204	2.780	1.036	342	161
Orujo de uva pisquera: Capotillo de arroz	1:1	2,15	296	628	10.700	1.548	859	99
Escobajo: Orujo de uva pisquera	1:1	2,28	168	569	14.560	2.388	938	340
Aserrín: Escobajo picado de uva pisquera	1:1	0,60	9	297	8.260	2.804	566	458
Aserrín: Sarmiento picado de uva pisquera	1:3	0,38	69	285	5.140	2.720	1.024	320
Alperujo compostado: Capotillo de arroz	1:2	1,22	10	5	598	916	156	57

(\*) Proporciones de la mezcla, expresado en volumen.

## 2.4 Comentarios

Es importante considerar que en la zona norte del país el porcentaje de materia orgánica en los suelos es muy baja (inferior al 2,5% en capa arable), propio de zonas áridas donde hay escasa acumulación de residuos vegetales.

Por lo tanto, el agricultor que desee establecer una plantación de arándanos en la zona debe incorporar suficiente materia orgánica en sus suelos, lo que puede implicar un costo aún mayor, considerando que este material debe provenir del sur.



*Figura 2.1. Efecto del sustrato de orujo de uva compostado sobre el crecimiento de planta cv. O'Neal, en un suelo arenoso, localidad El Milagro, región de Coquimbo.*

La información entregada puede ser de utilidad como datos referenciales en el caso que se quiera disponer de esta material para conformar un sustrato orgánico a partir de elementos locales.

Al realizar el ejercicio para estimar la disponibilidad real de materias primas locales, por ejemplo en la industria pisquera que procesa aproximadamente 120 millones de kilos de uva, cada temporada, para producir alcohol, un 7% corresponde a orujo y escobajos, o sea 8.400 T de desechos orgánicos por temporada. Esto implica un volumen de 10.000 m<sup>3</sup> de sustrato sin compostar. Este volumen, considerando una aplicación promedio de 200 m<sup>3</sup> por ha, cubriría una superficie de 50 ha. Cabe destacar que algunas empresas, procesan este desecho y el compost es entregado a los mismos productores asociados.

Por otra parte, la industria del aceite de oliva ha tenido un crecimiento importante en la región. Actualmente hay 2000 ha plantadas con olivos para la industria de aceite, con una producción potencial promedio de 10 T/ha. Se considera que al menos un 70% de lo que se procesa, se convierte en desechos, llamado alperujo. En el 2004 se estimaba un total de 7.700 T de desecho, en el año 2010 éste aumentaría a 14.000 T. En este caso, se desconoce la relación de desechos versus compost.

Ambos subproductos no son posibles de usar directamente en el arándano, y requieren de un proceso de compostaje controlado antes de incorporarlo como una alternativa para el cultivo del arándano.

Luego, los puntos a considerar en la selección de sustrato son:





Los sustratos locales en estado fresco, si bien reúnen características físicas relevantes para el cultivo del arándano, no representan una alternativa real por:

- La baja disponibilidad en la región.
- Heterogeneidad en cuanto a tamaño de partículas, dificultando la aplicación.
- Carencia de un proceso de compostaje, especialmente para los sustratos derivados de la industria olivícola, lo que limita su uso.
- Carencia de un protocolo de manejo de agua para aquellos sustratos de baja retención de humedad.

Por lo tanto, se recomienda el uso de aserrín como un sustrato adecuado para el cultivo del arándano. En lo posible usar sin mezclar con suelo ó en una proporción mayor (50%) a la de suelo. En el caso de cultivo en macetas se recomienda aplicarlo sólo o en combinación con sustratos de partículas similares en tamaño.

En definitiva, en la región no hay suficiente disponibilidad de materia orgánica proveniente de industrias locales y se debe buscar alternativas de la zona centro sur.

Como sugerencia general se recomienda analizar los materiales orgánicos tanto en sus características físicas como químicas, e igualmente probar diferentes mezclas que cumplan con la mayor parte de los requerimientos de los arándanos. Pero es preferible trabajar con un material compostado de manera de conseguir un sustrato estable y uniforme de modo de facilitar la aplicación en terreno. Además, se debe generar un protocolo de manejo de agua, acorde a la capacidad de retención de humedad de cada mezcla de sustrato, fertilización en relación a la disponibilidad de nutrientes y a las exigencias del cultivo.

## 2.5 Referencias consultadas

- Alburquerque, J. A., J. González, D. García, J. Cegara. 2004. Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation methods for olive oil extraction. *Bioresource Technology* 91:195-200.
- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas. p. 1-15. In: *II Congreso Nacional de Fertilización*, Almería, 18-20 septiembre. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.
- Coñuepan, S., P. Paspino. 2004. Estudio de factibilidad técnico económica, para la producción de hortalizas orgánicas bajo plástico, con tres sustratos diferentes en la localidad cordillerana de Malalcahuello, comuna de Curacautín, IX Región. 102 p. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Universidad Católica de Temuco. Escuela de Agronomía. Temuco, Chile.



- Labrador, J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. p. 227-263. Ediciones Mundi-Prensa.
- Messerer, D. 1998. Sustratos alternativos en la propagación de paltos (*Persea americana*). 65 p. Taller de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía, Quillota, Chile.
- Pastor, J. 2001. Utilización de sustratos en viveros. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art231-235.pdf>
- Pizarro, V. 2006. Evaluación físico-químico de sustratos, para la producción de arándanos en la Región de Coquimbo. 115 p. Tesis para optar al título de Ingeniero de ejecución de agronomía. U. de Aconcagua. La Serena.
- Rodríguez, M., Zazueta, J. 2004. Selección de sustratos en la producción de almácigos de hortalizas. (En línea). (Fecha de consulta: 11 enero 2006). Disponible en: <http://tiny.uasnet.mx/dir/direnlinea/ct/noticia.asp?id217>