



PHICARIA

II ENCUENTROS INTERNACIONALES
DEL MEDITERRÁNEO

Del 19 al 21 de Abril de 2013

USO Y GESTIÓN
DE RECURSOS NATURALES
EN MEDIOS SEMIÁRIDOS
DEL ÁMBITO MEDITERRÁNEO



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DEL MAR



CAMPUS MARE NOSTRUM

ESPECIES PARA LA PRODUCCIÓN FRUTAL Y PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MAZARRÓN

DIEGO FRUTOS TOMÁS Y CARMEN FRUTOS RUIZ

ESPECIES PARA LA PRODUCCIÓN FRUTAL Y PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN MAZARRÓN

DIEGO FRUTOS TOMÁS Y CARMEN FRUTOS RUIZ

PALABRAS CLAVE: Frutales de hueso, frutales subtropicales, uva de mesa, dormancia, horas frío, suelos con metales pesados, erosión, *Vetiveria zizanooides*, Mazarrón,

KEYWORDS: Stone fruit trees, subtropical fruit trees, table grape, dormancy, chill hours, soils with heavy metals, water erosion, *Vetiveria zizanooides*, Mazarrón.

ABSTRACT: A short description of Mazarrón area, placed in Southeastern Spain, has been described. In this area seems possible introduction of low chilling stone fruit species as well as subtropical ones as long as soil and water quality allowed it. Important greenhouse facilities and skilled local grower as well as qualified horticultural engineers are available in this area. This inputs, conveniently used, could yield new productive activities as alternative to other traditional crops. On the other hand, regeneration of contaminated soils by heavy metals as well as water erosion protection could also be possible by using *Vetiveria zizanooides* as both extractive and protective plant.

RESUMEN: Se describe el escenario de Mazarrón, en donde pueden confluír a) especies frutales caducifolias de clima templado, usando cultivares de bajas necesidades en frío, y b) algunas especies propias de climas tropicales en zonas libres de heladas, siempre que las condiciones de suelo y de calidad del agua lo permitan. La infraestructura de invernaderos disponible y la iniciativa de los agricultores locales, con el apoyo de técnicos cualificados, podrían generar nuevas opciones productivas. Por otra parte, la regeneración de suelos estériles con presencia de metales pesados podría ser posible utilizando plantas de *Vetiveria zizanooides*.

Introducción

El municipio de Mazarrón se sitúa en la comarca del Bajo Guadalentín, limita con los municipios de Cartagena y Fuente Álamo de Murcia al este, con los de Alhama de Murcia y de Totana al norte, con el de Lorca al oeste y con el Mar Mediterráneo al sur. Tiene una extensión de 318,7 km². El Ayuntamiento se encuentra a 25 metros sobre el nivel del mar. El punto más alto del municipio es el Morrón Blanco con 492 s.n.m. en la Sierra de las Moreras. La orientación este-oeste de esta sierra protege a la vertiente Sur de los fríos vientos del Norte. Raramente se registran heladas en el municipio. Al Sur de dicha sierra no se registran heladas de invierno, y desde el punto de vista climatológico podrían darse algunos cultivos tropicales. En las zonas más frías se está intentando introducir especies frutales caducifolias. La elección varietal de las mismas hay que hacerlas entre las que

presenten menos necesidades de frío invernal para su brotación homogénea y agrupada. La conservación del suelo presenta dificultades por la falta de humedad y por la distribución de las lluvias, concentradas en invierno-primavera y en otoño. El estío es largo y seco. Además, la explotación minera dejaron sedimentos arcillosos en balsas de lavado del mineral que se caracterizan por ser tierras estériles de pH muy bajo, en donde difícilmente pueden crecer las plantas por la presencia de metales pesados. Para remediar este problema se dispone de la Tecnología Vetiver, consistente en el uso de la especie colonizadora *Vetiveria zizanooides*, gramínea de potente sistema radicular, no invasora, que es capaz de colonizar suelos en pH comprendidos entre 3 y 11. Por tanto es posible proponer a los agricultores diversas alternativas al monocultivo del tomate, que actualmente está pasando por momentos difíciles por la competencia de ter-

ceros países, y a los responsables de cuidar el patrimonio natural se les puede decir que también es posible luchar contra la erosión y la recuperación de suelos estériles en Mazarrón.

Dormancia

Ha hecho fortuna la palabra *dormancia* como traducción de la palabra inglesa *dormancy*, para expresar el estado de letargo (animal ó planta), latente ó de inactividad (de un volcán). Pero también *dormancy* es una sinonimia de *rest* (*reposo*). Podría haberse generalizado el vocablo *reposo* para señalar la aparente inactividad invernal de los frutales caducifolios, aunque en esta fase ocurren cambios internos que dan lugar a la producción de botones florales bien formados si las condiciones de frío son suficientes. En cualquier caso conviene optar por la palabra *dormancia* porque según la definición de Lang *et al.* (1987) engloba al concepto *reposo*. Así, estos autores diferencian tres fases de la dormancia: paradormancia ó ectodormancia para el estado inicial de la dormancia en el cual las yemas fallan en su normal desarrollo por influencias externas; endodormancia (ED) ó reposo, periodo durante el cual la brotación de las yemas no puede inducirse por prácticas tales como la poda ó la defoliación; y ecodormancia, para explicar la falta de brotación por condiciones externas de baja temperatura. La ED se ha dividido en dos estados: d-dormancia, cuando los productos químicos no pueden provocar la brotación de las yemas, y s-dormancia, cuando la falta de frío puede compensarse con la aplicación de tratamientos con productos que rompen la dormancia (Faust *et al.*, 1997).

El concepto de *desarrollo de la dormancia* se define como la serie de acontecimientos que se producen en la yema desde la inducción de la dormancia hasta la brotación. Por otra parte, la *profundidad de dormancia* se relaciona con las necesidades de frío para que se produzca la brotación, de manera que a mayores necesidades mayor profundidad de dormancia.

La superación de la dormancia es sin lugar a dudas el elemento más crítico para cultivar en climas con falta de horas frío para superar la dormancia de manera natural.

Modelo climático para zonas con inviernos suaves.

El Servicio de Información Agraria de la Región de Murcia (SIAM) ha establecido como modelo para zonas con falta de horas frío *Modelo Dinámico*, ó *de las porciones* (Fishman *et al.*, 1987 a,b), que sería el que mejor se adapta a zonas con inviernos suaves como los de Mazarrón. Este modelo comprende los siguientes puntos de partida:

1. Efecto máximo de las temperaturas: 6°C. Efecto nulo: ~-2°C y a 14°C.
2. Pasos intermedios (Pi) reversibles. Pi específico para cada temperatura.
3. Se consolida el Pi después de exposición a una *porción de frío*, definida como 30 horas de frío continuo a 6°C.

4. Las altas temperaturas niegan el frío a la porción de paso intermedio no consolidado. Las temperaturas activas lo afianzan.

5. Se introduce una corrección para efecto de la temperatura a 4°C para simular el efecto de las temperaturas más frías sobre la transición entre Pi y la porción.

6. Rango de requerimientos de frío: entre 12 y 70 porciones.

Como ejemplo de utilidad del modelo dinámico se han comparado las porciones en las estaciones del SIAM de Cabezo de la Plata (CP) (municipio de Murcia) y de Cañada de Gallego (CG) (Municipio de Mazarrón). La primera porque existe una parcela experimental con variedades de cerezo en clima muy parecido al de CP, y en CG por ser la estación con temperaturas de invierno más suaves. En la figura 1 se presentan las medias e intervalos de confianza las porciones acumuladas en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, registradas en los observatorios de CP y de CG desde 1996-91 hasta 20012-13. Como puede observarse, en CG se sumaron 10 porciones como media en el periodo considerado, mientras que en CP se llegó a 14 porciones, valor significativamente superior al de CG. Por otra parte, en la figura 2 se puede comprobar que los meses de Diciembre y Enero son los que más frío acumulan. Entre ellos no existen diferencias significativas, pero ambos son estadísticamente diferentes que Noviembre con respecto a este parámetro. La figura 3 indica las medias anuales e intervalos de confianza de las porciones registradas en CP y CG en el periodo de 1996-97 a 2012-13. En este periodo se han separado seis años fríos y 11 años más cálidos, que se han representado respectivamente agrupados en la figura 4, en la cual se confrontan los datos de porciones de frío con las necesidades de distintas variedades de especies frutales en dichas porciones para brotar normalmente (cuadro 1).

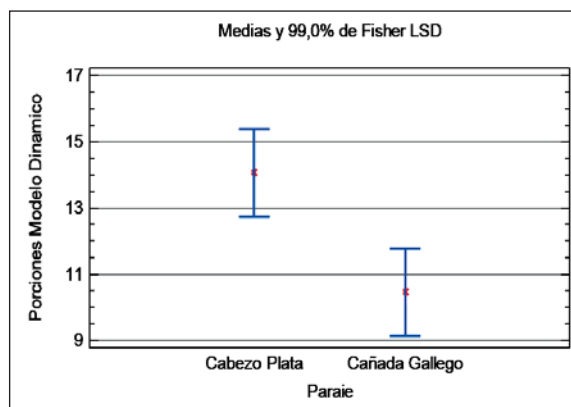


Figura 1. Medias e intervalos de confianza las porciones medias de los meses de Noviembre, Diciembre y Enero registradas en los observatorios de Cabezo de la Plata y de Cañada de Gallego desde 1996-91 hasta 20012-13.

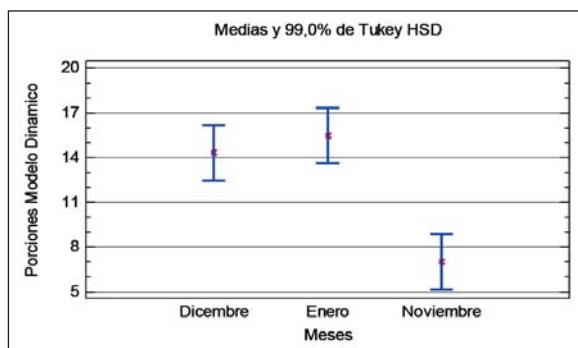


Figura 2. Medias e intervalos de confianza de los meses de Noviembre, Diciembre y Enero de las porciones medias de los observatorios de Cabezo de la Plata y de Cañada de Gallego desde 1996-91 hasta 20012-13.

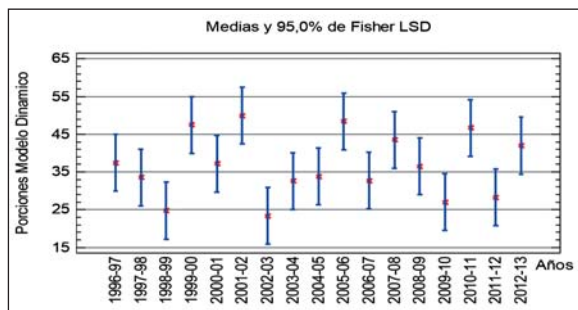


Figura 3. Valores medios de las porciones registradas por años en las estaciones SIAM del Cabezo de la Plata y de Mazarrón entre 1996-97 y 2012-13.

Cuadro 1.- Comparación de requerimientos en frío de algunas variedades de especies frutales medidas en porciones según el modelo dinámico (Fuente: Erez, 2000). Según la figura 4, las variedades subrayadas entrarían en Cañada de Gallego y estas junto con las escritas en cursiva podrían cultivarse en Cabezo de La Plata

Especie	Variedad	Porciones de frío	Especie	Variedad	Porciones de frío	
Melocotonero	<u>Flordaprince</u>	8	Albaricoquero	<i>Canino</i>	35	
	<u>Earligrande</u>	12		Manzano	Golden Del.	50
	<u>Maravilha</u>	18		Cerezo	<u>17GE580</u>	18
	<u>Redhaven</u>	75	<u>Lapins</u>		35	
Nectarina	<u>Aprilglo</u>	12	<u>Rainier</u>	45		
	<u>Mayglo</u>	18	<u>Burlat</u>	53		
	<u>Flavortop</u>	35	<u>Sam</u>	70		
	<u>Fantasia</u>	42				

En dicho cuadro se han subrayado las variedades que podrían utilizarse en Cañada de Gallego con arreglo a las necesidades de unidades de frío calculadas en porciones. Estas mismas variedades más las indicadas en cursiva podrían cultivarse en climas como el del Cabezo de la Plata (cuadro 1).

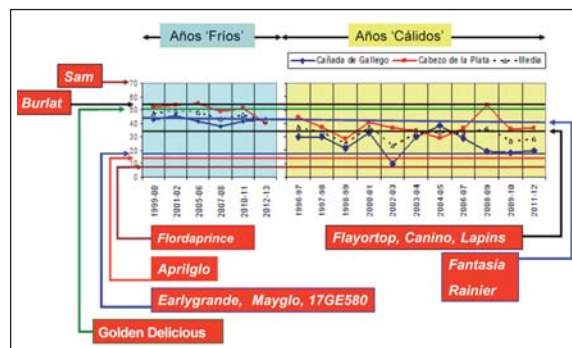


Figura 4. Separación de los años fríos y cálidos en los observatorios del SIAM de Cabezo de la Plata y de Mazarrón, y confrontación de diversas variedades de especies frutales con arreglo a sus necesidades de frío medidas en porciones del modelo dinámico.

Productos químicos para rotura de dormancia

DNOC.- En la década de los 90 se utilizó el dinitro ortocresol (DNOC), también conocido como aceite amarillo, para romper la dormancia por envolver a las yemas bajo una película de aceite bajo la cual se tienen condiciones anaeróbicas temporales con producción de etanol, responsable de la rotura de la dormancia (Erez, 1980). Sin embargo, debido a su toxicidad, se prohibió el uso de DNOC. Algunos compuestos son menos tóxicos y deberían aceptarse como sustitutos, como sucede con el Carathane, conocido en África del Sur como Waicap (Honeyborne y Rabe, 1993).

Cianamida de hidrógeno.- Otro producto que ha sido utilizado con éxito en la rotura de la dormancia es la cianamida de hidrógeno, usada en peral, manzano, cerezo, ciruelo, al-

baricoquero, melocotonero, arándano, kiwi e higuera entre otros, pero actualmente su uso está prohibido.

Thiourea.- También se ha utilizado con el mismo propósito, pero se prohibió su uso por su toxicidad elevada

Nitrato potásico.- Tiene un efecto poco activo incluso a concentraciones del 10%. Está permitido utilizarlo en combinación con otros productos. Su limitada penetración puede ser la causa de su débil efecto.

Reguladores de crecimiento.- El ácido giberélico y las citoquininas pueden romper la dormancia, pero las concentraciones necesarias para ello se sitúan entre 100 y 400 mg/l. SE ha conseguido un buen efecto con Thidiazurón, una citoquinina sintética, a concentraciones más bajas.

Retardantes de crecimiento.- El Paclobutrazol, además de su efecto como retardante del crecimiento, utilizado para disminuir el vigor y aumentar la floración, tiene también un efecto específico sobre la rotura de la dormancia. Su mecanismo de acción parece ser debido a la inhibición de las giberelinas. Estas estimulan el crecimiento vegetativo, y de ese modo incrementan la profundidad de dormancia.

Otros productos ensayados.- Un compuesto de aceite vegetal emulsionado, introducido como Waiken® se ha ensayado en Australia en manzana. Por otra parte, también se ha ensayado en melocotonero Armobreak®, una amina grasa que puede mezclarse con otros productos para romper la dormancia. Otro producto actualmente recomendado en Erger®, obtenido de extractos vegetales, que se aplica en cerezo y vid asociado mezclado con nitrato de calcio.

Cultivos tropicales que podrían introducirse en Mazarrón

La mayoría de cultivos tropicales se caracterizan por exigir zonas libres de heladas, humedad ambiente elevada y suelos y aguas de riego de calidad. La estación de Cañada de Gallego no registra heladas. Sin embargo, la salinización del suelo por los repetidos riegos con aguas salinas son un factor bastante limitante para dichos cultivos. Por otra parte, a cielo abierto hay escasez de humedad ambiente que puede perjudicar el normal crecimiento de estos cultivos.

Sería una temeridad proponer el cultivo de subtropicales en Mazarrón si no existiera tradición de cultivos bajo invernadero y se desconociera el cultivo sin suelo. Estas técnicas, de uso común en la zona, permiten controlar el clima y nutrir las plantas en condiciones óptimas. Además, también hay disponible agua de desaladoras que permitirían el riego con agua de buena calidad. Todo ello conduce a una nueva situación en la que parece posible el hecho biológico de cultivar algunas especies subtropicales, aunque tal vez en términos económicos sus producciones no sean suficientemente rentables,

pero los estudios de rentabilidad no se consideran en el presente escrito. Hechas estas consideraciones, se comentan a continuación algunos cultivos subtropicales que podrían introducirse en Mazarrón.

1. Especies bajo malla y sin opcionalmente sin suelo: arbustos y bejucos

En este grupo se han considerado dos lianas ó bejucos, kiwi y uva de mesa, y un arbusto, arándano.

Kiwi.- El fruto se conoce en China, su país de origen, como ‘Yang Tao’. Cuando se extendió su cultivo en Nueva Zelanda se introdujo en el mercado con el nombre de kiwi por recordar su aspecto exterior a esta ave. El fruto es muy rico en vitamina C, y contiene proteínas, hierro, calcio y fósforo. Se conserva bien en frigorífico y puede por este motivo enviarse a mercados lejanos. Las variedades cultivadas pertenecen principalmente a las especies *Actinidia deliciosa* (cultivares *Abbot*, *Allison*, *Bruno*, *Monty* y *Hayward*, tal vez la más popular), y *A. chilensis* (selección *Hort 16 A*). Su cultivo puede hacerse como el de la uva de mesa, tutorado en las características estructuras de parral, y protegido de la fuerte insolación con malla se sombreo.



Figura 5. Uva de mesa, Águilas, 13/6/2012.



Figura 6. Producción de Actinidia conducida como a uva de mesa.

Le viene bien controlar la falta de humedad ambiente con aspersores situados por encima de las hojas. No tolera la salinidad ni la caliza activa elevada, por lo que en las condiciones de Mazarrón podrían usarse sustratos artificiales en sustitución del suelo.

Actualmente se está introduciendo el cultivo de *Actinidia arguta*, de fruto es pequeño (10 a 20 g), pero las buenas selecciones tienen un agradable y dulce sabor y la piel es suave, sin pelos y comestible).

Uva de mesa.- Es suficientemente conocido este cultivo en Murcia. El IMIDA ha introducido nuevas variedades sin semilla que están siendo muy bien acogidas en los mercados. En condiciones cálidas como las de Mazarrón puede avanzarse su recolección y aprovechar los buenos precios de los primeros productos que llegan al mercado.

En las condiciones de falta de frío de Mazarrón serían de gran utilidad los tratamientos con productos para romper la dormancia tanto en kiwi como en uva de mesa.

Arándano.- De las 172 especies arbustivas de *Vaccinium* reconocidas, la que interesa en de Mazarrón y en áreas limítrofes es *V. ashei*, la cual se cultiva comercialmente en Estados Unidos desde Virginia y Tennessee hacia el oeste, hasta Arkansas y Texas, y al sur hasta el centro de Florida. Su cultivo también se ha introducido en Chile. En España existen plantaciones comerciales principalmente en Huelva y en Asturias. Hay un ensayo de introducción en Jerte (Cáceres). El arándano es muy fácil de cultivar si se dispone de suelo adecuado (pH 4.2 -5.5, libre de encharcamiento). Las raíces se establecen muy cerca de la superficie del suelo y pueden dañarse con labores incluso superficiales. Puede morir fácilmente con excesivo abono. Prefiere sol, pero tolera el fuerte sombreado, que además ayuda a mantener unas la humedad ambiente en las condiciones de extremada sequedad del aire en verano. El cultivo requiere agua de buena calidad.



Figura 7. Plantación de arándano en líneas.



Figura 8. Futos de arándano. La producción empieza al 2º año de la plantación.

2. Especies cultivables a cielo abierto








En el cuadro 2 se incluyen algunas especies que potencialmente sería susceptibles de introducción como cultivos en las zonas libres de heladas siempre que se tengan en cuenta la protección contra el viento seco del verano. Por otra parte, en el cuadro 3 se resumen las características más importantes de los cultivos que toleran la sequía y la salinidad en las condiciones de Mazarrón. En este cuadro no se han incluido especies subtropicales y tropicales de posible interés para la zona como pueden ser anacardo (*Anacardium occidentale*), de forma reniforme y cáscara dura que aloja una semilla de agradable sabor; anón (*Annona reticulata*), de características parecidas a la chirimoya, carambola (*Averrhoa carambola*), de sección transversal en forma de estrella de cinco picos; feijoa (*Feijoa sellowiana*), de sabor dulce y perfumado que recuerda a la piña; guayaba (*Psidium sp.*), parecido a la feijoa; guanábana (*annona muscata*), de fruto recubierto con protuberancias coriáceas y pulpa blanca de sabor agradable, lima (*Citrus aurantifolia*) y kumquat (*Citrus japónica*), cítricos de interés secundario que podrían tener su mercado; longane (*Nephilium langana*), de cualidades parecidas al litchi y al rambután, pero que tiene el inconveniente de tener una baja condición de almacenamiento; macadamia (*Macadamia integrifolia* y *M. tetraphylla*), especies de frutos secos cultivados en Australia y de creciente interés en el mercado europeo; mangostán (*Garcinia mangostana*), de forma redondeada y pericarpio grueso, cuya pulpa es muy agradable y delicada; mora sin espinas (variedad de *Rubus fruticosus*), cultivada como la frambuesa o la grosella; pasionaria (*Pasiflora edulis*), de uso en la repostería para preparación de dulces y gelatinas; piña tropical (*Ananas sativus*), de amplio consumo y conocido sabor; piñón (*Pinus pinea*), perfectamente adaptado a suelos arenosos mediterráneos; tamarillo (*Citromandra betacea*), baya que en su aspecto exterior parece una ciruela; y Zapote (*Calocarpum mammosum*), cuyo fruto tiene efectos somníferos (Díaz-Robledo). Otras especies podrían también incluirse en esta lista.

3. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados y control de la erosión




La pasada actividad minera de Mazarrón dio lugar a suelos estériles por metales pesados de difícil recuperación. Estos suelos tienen un pH ácido, similar al de otros suelos estériles analizados en el Cabezo Rajado de La Unión. En el cuadro 4 se presentan las características de diversas especies

utilizadas para la recuperación del suelo. En suelos con pH próximo a 3 están movilizados el aluminio y el manganeso. El resto de metales están fijos y no suponen por tanto un grave riesgo de toxicidad para las plantas. En estas condiciones, de las diferentes especies indicadas en el cuadro 4, solamente parece utilizable *Vetiveria zizanioides* como planta extractora de metales solubles del suelo ácido contaminado.

Cuadro 2.- Especies cultivables a cielo abierto con protección contra el viento seco

Cultivo	Origen y distribución	Clima	Suelo	Protección	Tamaño	Varietades
 Litchi (<i>Litchi sinensis</i>)	Sur de China Norte de la India, Indochina Tailandia	Libre de heladas Le favorecen temperaturas invernales de -1 a 4,4 °C	pH 6-7 Puede ir en suelos arcillosos calizos. No tolera el encharcamiento	Contra el viento y la fuerte insolación	Árbol de 10 m	<i>Ambonia, Bengal, Brewster, Groff, Hak ip. Kwa luk, Mauritius (Kwai Mi), No Mai Tsze, Tai Tsao.</i>
 Nispero (<i>Eriobotrya japonica</i>)	Sudeste de China El árbol puede vivir en climas fríos y con nieve.	Bien adaptado al clima mediterráneo	Injertado sobre membrillero no tolera la caliza.	Por su floración invernal suele cultivarse en climas libres de heladas	Árbol pequeño, de menos de 5 metros. Se injerta sobre nispero, acerolo, peral, membrillero.	<i>Golden Nugget, Tanaka, Algeria, Magdal, Algar, Callosa, Bernia, Nadal.</i> Pueden aparecer incompatibilidad sobre membrillero y peral.
 Mango (<i>Mangifera indica</i>)	India . En siglo XVII, se introduce en canarias desde Filipinas, en el XIX desde Venezuela y Cuba. Entran en los 80 variedades de Florida, de buena calidad.	Zonas costeras cálidas. pH del suelo: 5,5 a 7,5. Regadío, 5 a 6000 m ³ /Ha / Año.	Profundos y con buen drenaje. Puede tolerar la salinidad hasta 0,4 g/l en agua. Árbol rústico que crece en casi todos los suelos	Más sensible al frío y más resistente al viento que el aguacate. Florece de Enero a Marzo y se cosecha entre Junio y Septiembre	Densidad de plantación: 4x 5 en suelos fértiles, 3x4 en suelos pobres. Sin poda puede alcanzar entre 10 y 30 m..	<i>Zill, Gouveia y Otts, Lippens, Tolbert, Keitt, Irwin, Sensation, Van Dyke, Tommy Atkins, Osteen, Valencia Pride, Ah Pingh,</i>
 Papaya (<i>Carica papaya</i>)	Gofo de Méjico y Antillas. Se cultiva en Ceilán, India, California, Florida, Hawaii, América Central y África del Sur.	Puede cultivarse en invernadero	Suelos ligeros, fértiles (ricos en humus), profundos y permeables.	Fuertes vientos y heladas.	Propagación por semilla, en golpes de 3 a 4 semillas. Tronco sin ramificar, hojas grandes palmeadas	<i>Solo, Bluestem, Graham, Betty, Fairchild, Rissimee, Puna y Hortusgrad.</i> Fruto delicado sensible al transporte. Algunas variedades pequeñas se importan desde América.
 Chirimoyo (<i>Annona cherimola</i>)	Altiplanos de Ecuador y Perú, (1500-2000 m). Algunos botánicos dicen que se originó en China y se introdujo en América a través las rutas marítimas de las islas del pacífico	Se adapta bien en Israel, Argelia, Egipto, Grecia. En España: Almuñecar, Motril, Canarias. Sensible a heladas	Sistema radicular superficial. Exigente en agua de buena calidad.	Contra el viento. Cultivo delicado que se ha adaptado bien a las condiciones de la costa de Granada.	Árbol de 7-8 m de altura, crecimiento lento, Flores amarillas olorosas. El fruto puede preenfriarse a 7-8°C. Se conserva mal, por lo que su consumo debe hacerse a los pocos días de la cosecha	En Canarias: cvs. <i>Mateus Madeira</i> , ,sobre patrón de semilla <i>Fino de Jete</i> .. En Andalucía: cvs. <i>Jete, Campas, Negrito, Pinchudo</i> y en menor extensión <i>Blanco y Cristalino</i> . En la foto, fruto de la cv. <i>Fino de Jete</i>
 Aguacate (<i>Persea americana</i>)	Méjico, América central y del Sur. En Chile se han observado en zonas de heladas a 1200 m.	Razas: antillana, sensible al frío; ½ sensible; mejicana, la mas tolerante. Sensible al viento	Exigente en suelo, sensible a salinidad, y asfixia radicular. Buenos los suelos franco-arenosos.	Cortavientos	Árbol grande, sistema radicular superficial.	Varietades: <i>Simmonds, Catalina, Booth 8, Booth 7, Masutomi, Kahalú, Choquete, Hall, Simpson, Guatemala, Nabal (G), Azteca, Fuerte, Hass, Ettinger, Wurstz, Fujikawa, Itzama.</i> Patrones: <i>Duke-7G-6</i>
 Kaki (<i>Diospyros kaki</i>)	Origen: China y Japón. Bien adaptado al clima mediterráneo. El cultivo está en expansión en la Comunidad Valenciana,	Presenta bajos requerimientos de horas-frío (100), pero la brotación es tardía por falta de grados-día	Prefiere suelos franco-arcillosos. Sensible a encharcamiento.	Sensible a los vientos fuertes, sobre todo cerca de recolección,	Árbol de 5-6 m. Marco de plantación: 5 x 6 m	Varietades astringentes: <i>Tomatero, Gordo, Rojo Brillante, Hachiya, Tanenashi, Kushillama</i> Varietades no astringentes: <i>Sharon</i> (sinonimia: <i>Triumph</i>), y <i>Fuyu</i> Patrones: <i>D. virginiana, D. lotus</i> , a veces <i>Membrillero</i>

Cuadro 3.- Especies xerofíticas de interés conocidas en la zona

Información	Especies		
	Chumbera (<i>Opuntia ficus-indica</i>) 	Higuera (<i>Ficus carica</i>) 	Granado (<i>Púnica granatum</i>) 
Origen y distribución	Méjico. Mediterráneo cálido	Mediterráneo	Oriente Medio, mediterráneo y Norte de África.
Clima	Mediterráneo cálido	Mediterráneo cálido	Mediterráneo cálido
Suelo	Todos excepto arcillosos y encharcados.	Suelos con alto contenido en calcio y que no sean demasiado húmedos. Sensible a la podredumbre radicular.	Poco exigente en los suelo y en agua, tolera muy bien los altos índices de salinidad..
Protección	No tolera temperaturas inferiores a -4°C	Ninguna especial	Ninguna especial
Tamaño	Hasta 2 metros formada con poda y aclareo de palas	Árbol grande formas bajas mediante poda.	Árbol pequeño
Variedades	Interesantes los <i>higos de retallo</i> (para finales de otoño)	Selecciones de brevas de Abanilla, y de Albatera (<i>Colar</i> y <i>Goína, Ñoral</i>).	(Albatera y Elche) Mollar (<i>Roja de exportación</i>), Albar, San Felipe o Valenciana, Piñonenca, Cajín, Piñón tierno y Pulpi

Para intentar liberar estos suelos de la contaminación por metales se podría cultivar esta especie en los suelos contaminados, retirando después la parte aérea para su tratamiento y recuperación de los metales extraídos. De nada serviría segar y acumular la parte segada en otro lugar distinto al del cultivo, porque así solo se conseguiría contaminar otras zonas. En una primera fase podría ensayarse el cultivo en los terrenos estériles, y posteriormente se pasaría a una fase de extensión del cultivo a gran escala, con la construcción de una

planta de recuperación de metales a partir de las sucesivas siegas que se vayan realizando.

Uno de los problemas de las balsas de estériles heredadas de la antigua minería consiste en el movimiento de arrastres de tierra desde las zonas de los lavaderos de mineral (figura 9) hasta cotas más bajas (figura 10). Estos arrastres han arrasado la vegetación en las zonas bajas en donde se acumulan las tierras estériles.



Figura 9. Talud de embalse de mineral con estériles.



Figura 10. Suelos estériles por metales pesados.

Cuadro 4. Características de las plantas utilizadas para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados.

Especie	Elementos que tolera	pH que tolera	Hiperacumuladora	Uso	Referencias
<i>Lygeum spartum</i> Loeff. ex L.	-	Suelos neutros favorables. También crece a pH 3	No	-	Conesa <i>et al.</i> , (2006, 2007)
<i>Phragmites Australis</i> Cav.	Pb, Zn, Cu, Cd, Se	-	No	Fitoestabilización de metales pesados. Fitoextracción y fitoestabilización de Se	Su-Jian <i>et al.</i> (2006) Liu YunGou <i>et al.</i> (2006). Marques <i>et al.</i> (2007) Azaizen <i>et al.</i> (2006)
<i>Hyparrhenia hirta</i> L.	Pb, Zn	-	No	Fitoestabilización	Conesa <i>et al.</i> (2007)
<i>Piptatherum miliaceum</i> L.	Pb, Zn, Cd	Suelos neutros favorables	Sí (García <i>et al.</i> , 2004) No (Conesa <i>et al.</i> , 2007)	Fitoextracción Fitoestabilización	García <i>et al.</i> (2004) Conesa <i>et al.</i> (2007)
<i>Dittrichia viscosa</i> L.	Pb, Zn, Sb	-	Sí	Fitoextracción Fitoestabilización	Melendo <i>et al.</i> (2002) Nogales y Benítez (2006) Murciego-Murciego (2007)
<i>Zygophyllum fabago</i> L.	Zn, Cd	Suelos neutros favorables	No	Fitoestabilización	Lefevre <i>et al.</i> (2002) Conesa <i>et al.</i> (2007)
<i>Vetiveria zizanioides</i> L.	Al, Mn, Cr, Ni, Se, Hg, Pb, Zn, Cd, Cu, TNT,	3 – 11	Sí	Fitoextracción Fitoestabilización	Lai-HungYu y Chen-ZuengSang (2004) Pang <i>et al.</i> (2003). Roongtanakiat <i>et al.</i> (2001,2003) Shu <i>et al.</i> (2002) Makris <i>et al.</i> (2007). Rotkittikhum <i>et al.</i> (2007) Wilde <i>et al.</i> (2005) Zheng-XiaoLin <i>et al.</i> (2007)

Para evitar el movimiento de tierras por arrastres de agua de lluvia es aconsejable utilizar la **Tecnología Vetiver**, utilizada en países tropicales y ensayada para fijar taludes en Lorca a principios de los 90 con resultados muy positivos. Esta tecnología aprovecha las características particulares de *V. zizanioides*, que se resumen a continuación:

- Posee un sistema radicular potente, bien ramificado, capaz de penetrar capas de arcilla.
- Tolerante a sequía y aridez una vez establecida.
- Es muy tolerante a suelos contaminados con metales pesados.
- No produce semillas fuera de sus condiciones naturales, por lo que no es una planta invasora.
- Tolera amplio rango de temperatura (desde 15 °C bajo 0 hasta 40 °C sobre 0 ó más).
- Forma barreras capaces de frenar la velocidad del agua de escorrentía, lo que da lugar a depósitos de materiales en la zona expuesta al agua.
- El agua que pasa la barrera lamina el suelo, formándose así escalones que retienen el agua por quitarle velocidad a medida que se forman.
- Crece bien en suelos húmedos.

La tecnología Vetiver para control de taludes consiste en plantar por curvas de nivel de manera que la distancia entre filas es función de la altura (figura 12). Si se divide la altura total en tramos de un metro y se proyecta sobre la pendiente del talud cada punto que define a cada metro se llega a de-



Figura 11. Sistema radicular de *Vetiveria zizanioides* en un suelo arcilloso de La Hoya, Lorca.

terminar la distancia **d** entre líneas de *Vetiveria* mediante la fórmula 1. El número de líneas **N** vendrá dado por la igualdad (2), en donde **h** es la altura del talud.

$$d = 1 / \text{sen } \alpha \quad (1) \qquad N = d \cdot h \quad (2)$$

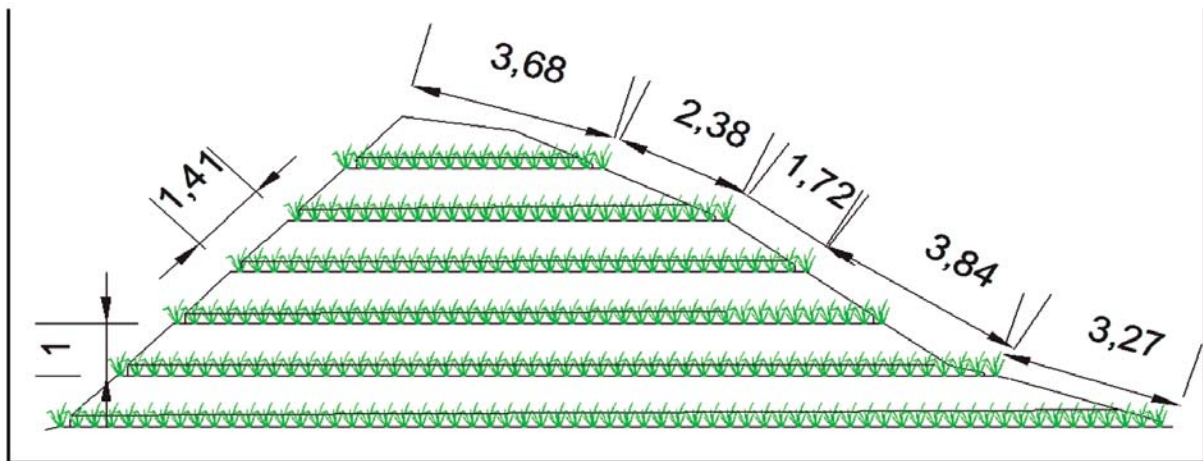


Figura 12. Diseño de barreras de *Vetiveria zizanioides* en líneas de nivel separadas a 1 metro de altura de cota. En la vertiente izquierda se representa un talud de 45° de pendiente, con distancias de 1,41 m entre líneas. En la vertiente derecha las distancias son variables en función de la pendiente.



Figura 13. Plantación de líneas de *Vetiveria* en un talud, Febrero de 1993.



Figura 14. Crecimiento con riego por goteo durante 2 años. Distancias: 1,6 m entre líneas y 0,3 m entre plantas.

En la figura 13 se presenta el talud que se protegió en La Hoya (Lorca) durante la plantación de las líneas de *Vetiveria*, y en la figura 14 puede observarse el estado de la plantación al final del primer año. La climatología local presenta escasa e irregular precipitación, y pueden registrarse algunas heladas en invierno que pueden afectar a las plantas, pero estas se recuperaron con la llegada del buen tiempo. La orientación del talud hacia poniente, recibía en verano la máxima exposición al sol. Fue necesario instalar una línea de goteros en cada línea de *Vetiveria* para regarlas durante los dos primeros años, al final de los cuales se dejó de regar y las plantas sólo recibían agua de lluvia.

En la figura 15 se puede apreciar la erosión producida

por el agua en la parcela testigo sin *Vetiveria* con respecto a los dos bloques plantados. La escasa vegetación natural no fue capaz de proteger al talud, mientras que la *Vetiveria* retuvo eficazmente la tierra de mismo.

A los 14 años de la plantación se comprobó que las plantas de *Vetiveria* se habían secado por falta de agua, pero quedaron los brotes secos a modo de acolchado protegiendo el talud de la lluvia y del exceso de temperatura. Debajo de dichos brotes había cierta humedad que permitía una mejor colonización por la flora espontánea de la zona (figura 17). Durante estos años, el efecto de la erosión en la parcela testigo puede observarse en la figura 16, en la cual se aprecia una tubería completamente desenterrada y unas profundas



Figura 15. Conservación del talud en parcelas con vetiveria y erosión en la parcela testigo a ños dos años de la plantación de *Vetiveria zizanoides*.



Figura 16. Instalación de la *Vetiveria* en talud a los 14 años, 12 años sin riego.



Figura 17. A los 14 años, se aprecia el talud conservado (izquierda) y la espectacular erosión en parte no plantada con *Vetiveria* (derecha).

cárcavas, mientras que la parcela con *Vetiveria* mantenía la tierra en su totalidad. No solo hay que tener en cuenta los daños directos de la erosión sobre el talud, sino los gastos de mantenimiento de las zonas en donde se acumulan los arrastres, como pueden ser las cunetas de las carreteras y otros desagües colmatados, junto con las dificultades que estos trabajos de limpieza producen en la actividad productiva. Considerados estos gastos, sale más barato la conservación natural de las barreras de *Vetiveria*, que solo necesitan la instalación de riego por goteo aunque sea necesario llevar el agua transportada en camiones cisterna, que todos los desastres producidos por la erosión del suelo por el agua de lluvia.

La tecnología en obras públicas también debe tener en cuenta lo que es capaz de hacer la naturaleza, que siempre es sabia y no se equivoca.

Conclusiones

- En Mazarrón y en comarcas limítrofes existen condiciones climáticas particulares que permiten introducir frutales de hueso de bajas necesidades en frío y especies subtropicales.

- La infraestructura de invernaderos y el buen manejo de ellos que se hace en la zona permite controlar tanto las condiciones climáticas como las de suelo para introducir cultivos subtropicales que necesiten sistemas de tutorado en emparado. Entre estas especies pueden considerarse el kiwi (*Actinidia sp.*) y la uva de mesa.

- También pueden introducirse algunas especies arbóreas subtropicales cuidando de protegerlas contra el viento seco mediante barreras de cortavientos.

- Aunque sea menos novedosa la propuesta de cultivo de especies xerofíticas como higuera para producción de brevas, granado y chumbera, también estas especies tienen su oportunidad de desarrollo como cultivo en la zona.

- La recuperación de suelos estériles contaminados con metales pesados, presentes en la zona por la pasada actividad minera, y la fijación de sus taludes correspondientes, puede abordarse mediante el uso de la tecnología que utiliza la especie *Vetiveria zizanoides* como planta extractiva y colonizadora.

Referencias

Azaizeh, H., Salhani, N., Sebesvari, Z., Shardendu, S., & Emons, H. (2006). *Phytoremediation of selenium using subsurface-flow constructed wetland*. International Journal of Phytoremediation, 8(3), 187-198.

Ayuntamiento de Albaterra. [En línea]. Disponible en: <http://www.albaterra.es/municipio/historia-e-informacion-general/agricultura.html?showall=1>.

Conesa, H. M., Faz, A., & Arnaldos, R. (2006). *Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Union mining district (SE Spain)*. Science of the Total Environment, 366(1), 1-11.

Conesa, H. M., Faz, A., & Arnaldos, R. (2007). *Initial studies for the phytostabilization of a mine tailing from the Cartagena-La Union Mining District (SE Spain)*. Chemosphere, 66(1), 38-44.

- Conesa, H. M., Schulin, R., & Nowack, B. (2007). *A laboratory study on revegetation and metal uptake in native plant species from neutral mine tailings*. *Water, Air, and Soil Pollution*, 183(1/4), 201-212. Journal Article database.
- Díaz Robledo, J. *Atlas de las frutas y hortalizas*.- Ministerio de Agricultura.
- El cultivo de la papaya*. Infoagro. [En línea]. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/papaya.htm.
- El cultivo del mango*. [En línea]. Disponible en: http://servicios.laverdad.es/canalagro/datos/frutas/frutas_tropicales/mango.htm.
- Erez, A., 2000.- *Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics*. *En Temperate Fruit Crops in Warm Climates*. ISBN: 0-412-63290-X.
- García, G., Faz, A., & Cunha, M. (2004). *Performance of Piptatherum miliaceum (Smilo grass) in edaphic Pb and Zn phytoremediation over a short growth period*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 54(2/3), 245-250.
- Infoagro. [En línea]. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/breve.htm.
- J. Fernandez-Gonzalez y M. M. Saiz-Jarabo, 1990.- *La chumbera como cultivo de zonas áridas*. [En línea]. Disponible en: http://www.elquiglobalenergy.com/datos/la_chumbera_como_cultivo_en_zonas-aridas.pdf.
- Kluwer Academic Publishers: 17-48.
- Lai, H., & Chen, Z. (2004). *Effects of EDTA on solubility of cadmium, zinc, and lead and their uptake by rainbow pink and vetiver grass*. *Chemosphere*, 55(3), 421-430
- Liu, Y., Zhang, H., Zeng, G., Huang, B., & Li, X. (2006). *Heavy metal accumulation in plants on Mn mine tailings*. *Pedosphere*, 16(1), 131-136.
- Lefevre, I., Correal, E., & Lutts, S. (2005). *Cadmium tolerance and accumulation in the noxious weed Zygothymus fabago*. *Canadian Journal of Botany*, 83(12), 1655-1662.
- Makris, K. C., Shakya, K. M., Datta, R., Sarkar, D., & Pachanoor, D. (2007). *High uptake of 2,4,6-trinitrotoluene by vetiver grass - potential for phytoremediation?* *Environmental Pollution*, 146(1), 1-4. Journal Article database.
- Marques, A. P. G. C., Rangel, A. O. S. S., & Castro, P. M. L. (2007). *Zinc accumulation in plant species indigenous to a Portuguese polluted site: relation with soil contamination*. *Journal of Environmental Quality*, 36(3), 646-653.
- Melendo, M., Benitez, E., & Nogales, R. (2002). *Assessment of the feasibility of endogenous Mediterranean species for phytoremediation of lead-contaminated areas*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 11(12b), 1105-1109.
- Murciego-Murciego, A., García-Sánchez, A., Rodríguez-González, M. A., Pinilla-Gil, E., Toro-Gordillo, C., Cabezas-Fernández, J., et al. (2007). *Antimony distribution and mobility in topsoils and plants (Cytisus striatus, Cistus ladanifer and Dittrichia viscosa) from polluted Sb-mining areas in Extremadura (Spain)*. *Environmental Pollution*, 145(1), 15-21.
- Nogales, R., & Benitez, E. (2006). *Absorption of zinc and lead by Dittrichia viscosa grown in a contaminated soil amended with olive-derived wastes*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 76(3), 538-544.
- Pang, J., Chan, G. S. Y., Zhang, J., Liang, J., & Wong, M. H. *Physiological aspects of vetiver grass for rehabilitation in abandoned metalliferous mine wastes*.
- Roongtanakiat, N., & Chairaj, P. (2001a). *Uptake potential of some heavy metals by vetiver grass*. *Kasetsart Journal, Natural Sciences*, 35(1), 46-50.
- Roongtanakiat, N., & Chairaj, P. (2001b). *Vetiver grass for the remediation of soil contaminated with heavy metals*. *Kasetsart Journal, Natural Sciences*, 35(4), 433-440.
- Roongtanakiat, N., Nirunrach, T., Chanyotha, S., & Hengchaovanich, D. (2003). *Uptake of heavy metals in landfill leachate by vetiver grass*. *Kasetsart Journal, Natural Sciences*, 37(2), 168-175.
- Rotkittikhun, P., Chaiyarat, R., Kruatrachue, M., Pokethitivyook, P., & Baker, A. J. M. (2007). *Growth and lead accumulation by the grasses Vetiveria zizanioides and Thysanolaena maxima in lead-contaminated soil amended with pig manure and fertilizer: a glasshouse study*. *Chemosphere*, 66(1), 45-53.
- Shu, W. S., Xia, H. P., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y., & Wong, M. H. (2002). *Use of vetiver and three other grasses*

- for revegetation of Pb/Zn mine tailings: field experiment.* International Journal of Phytoremediation, 4(1), 47-57.
- Sun, J., Tie, B., Qin, P., Isao, A., & Luo, R. (2006). *Investigation of contaminated soil and plants by heavy metals in Pb-Zn mining area.* Journal of Plant Resources and Environment, 15(2), 63-67.
- Wilde, E. W., Brigmon, R. L., Dunn, D. L., Heitkamp, M. A., & Dagnan, D. C. (2005). *Phytoextraction of lead from firing range soil by Vetiver grass.* Chemosphere, 61(10), 1451-1457.
- Zheng, X., Zhu, Z., Huang, W., Liang, Z., & Huang, F. (2007). *Effects of N,P,K fertilizer on phytoremediation effectiveness of cadmium and zinc pollution in vetiver grass.* Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica, 27(3), 560-564.