

ADAPTACIÓN DEL DISEÑO VITÍCOLA Y ENOLÓGICO EN FUNCIÓN DEL OBJETIVO DE MERCADO

PARTE 1: VIÑEDOS

I.S. Pretorius

The Australian Wine Research Institute, Waite Road, Urrbrae, Adelaide, SA 5064, Australia
Tel: +61 8 8303 6600; Fax: +61 8 8303 6601; E-mail: Sakkie.Pretorius@awri.com.au

1. La metamorfosis de la industria del vino en una economía globalizada

Fue un acto sin precedentes cuando economistas, sociólogos y otros intelectuales coincidieron plenamente, al principio del tercer milenio, que el mundo estaba al filo de una era de cambios masivos y excepcionales. Cambios tan dinámicos y de gran alcance que reacomodarán todas las facetas de la sociedad para ser virtualmente irreconocibles dentro de los próximos 20 a 30 años. Incluso las industrias tradicionales, como la vitivinícola, no podrán evadir estas metamorfosis. En un intento de establecer un ámbito acorde a los enormes cambios del siglo XXI, la industria del vino de ciertos países y regiones productoras líderes han realizado asiduamente un profundo análisis de las tendencias globales en el ambiente del negocio del vino y han comenzado a planificar en función a los escenarios más probables. En base a estos futuros escenarios, se han configurado estrategias a largo plazo y formulaciones para navegar en la industria del vino de estas regiones, a través de una confusa niebla de desplazamiento en las preferencias del consumidor y de innovaciones técnicas. Si las industrias líderes mundiales no pueden permanecer flexibles y ágiles a través de las sumergidas corrientes y las grandes olas de cambios, las economías de estas regiones vitivinícolas pueden ser arrastradas inesperadamente contra los filosos bordes del iceberg del nuevo orden mundial. Esto, por lo tanto, será fatal para el bienestar de numerosas regiones y países vitivinícolas si no se ajustan a tiempo a su curso con el objeto de evitar la tormenta que ya está formándose en el horizonte del nuevo milenio.

Los cambios en la industria vitivinícola no son nuevos ya que, sin considerar el hecho de que los principios fundamentales del manejo del viñedo y de la vinificación se han mantenido intactos durante 7000 años, la imagen del vino ha cambiado completamente. A comienzos del siglo XVII, el vino fue considerado como *la única bebida perdurable y saludable*, mientras que hoy en día es presentado al consumidor como *una bebida que simboliza un estilo de vida propio y universal, de uso moderado*. Sin embargo, la esencia de estos cambios rápidos y enredados reside en la moderna imagen del vino. Esta ha posicionado al vino en el centro de un campo de alta tensión entre las fuerzas *tirantes del mercado y pujantes de la tecnología*, en donde la tradición y la innovación necesitan encontrarse para que sea posible continuar respondiendo a las demandas de los productores y a las preferencias de los consumidores. Por un lado, la continua existencia y beneficio del productor dependen directamente de las ganancias sustentables de la industria vitivinícola. Por el otro, el consumidor, conciente de la salud y el ambiente, busca productos a medida con una buena relación calidad / precio. El balance entre estos dos polos se está moviendo ampliamente hacia el lado de las preferencias y demandas de los consumidores, dejando al productor bajo una situación de presión.

La creciente brecha entre la producción y el consumo global de vino, sumado al desbordado y competitivo sistema económico, forzaron a las industrias tradicionales, *orientadas netamente a la producción*, a transformarse en empresas *orientadas a la demanda*. Este desajuste universal de oferta y demanda es estimulado por la tendencia mundial a consumir progresivamente bebidas menos alcohólicas y, además, por la gran velocidad con la que la producción de vinos se expande, especialmente en los países del Nuevo Mundo (Argentina, Australia, Chile, California, Canada, Nueva Zelanda y Sudáfrica). Los últimos países, que en la actualidad producen el 20% del vino mundial, han sido rápidos en responder a las fuerzas de la oferta y la demanda del mercado. Por lo tanto, han ganado porciones significativas del mercado, que en las últimas décadas eran compartidas, creciendo desde el 2% al 15% del mercado mundial de exportación. En este mismo periodo, el consumo per cápita en los países del Viejo Mundo (Francia, Italia, España, Portugal y Alemania), que producen un poco más de la mitad del vino mundial, ha decaído 40-50%. Los aproximadamente 27000 millones de litros de vino producidos al año de las 8 millones de hectáreas de viñedos alrededor del mundo, son más o menos 5000 millones de litros más de lo que el mercado puede absorber. El excedente, que fluctúa anualmente entre el 15 y 20% del total de la

producción, ha ocasionado una aguda competencia por ganar participación en el mercado. Este excedente está limitado a la categoría básica de vinos a granel, lo que indica que, simultáneamente, ha ocurrido un significativo cambio en las preferencias del consumidor, desde el vino económico tipo “commodity” a los vinos premium, super-premium, ultra-premium e incluso los icon. A causa de la globalización, acompañada de un rápido acceso a la información, los consumidores son más exigentes en cuanto al valor del producto y a la calidad del mismo. Por lo tanto, los consumidores tienen grandes expectativas por la calidad del producto, en todas las categorías de precios. También ha quedado comprobado que la demanda de vinos artesanales, de elevado precio y que solo ocupan el 2-3% del mercado actual, está en aumento. Esto significa que los vinos excedentes no pueden ser un mero *problema de producción*, sino también un *problema del manejo* de productores “desconocedores del mercado”, quienes todavía no se dan cuenta que es únicamente el consumidor y su elección, y no más el productor, el que determina cuáles son los *productos que satisfacen la calidad*.

Las reglas del juego, en el cual la industria del vino debe competir, han cambiado de tal manera que, en sentido estricto, la *calidad*, conciencia de imagen y sensibilidad de precio del mercado, es definida como una *satisfacción sustentable del cliente y consumidor*. Las industrias vitivinícolas exitosas y emprendedoras, por lo tanto, se han ido transformando crecientemente en industrias orientadas a la demanda y a la satisfacción del cliente. Así, los vinos de excelente calidad pueden ser ofrecidos en cada escala de precios. Entonces, si una industria lucha por ser altamente competitiva y lucrativa, es necesario que sea capaz de tomar la iniciativa y así mantener la delantera en un mercado mundial que demanda productos con marcas fuertes y continua renovación en relación al estilo de vino, calidad, pureza, originalidad y diversidad. Con el objeto de asegurar un producto líder, en términos de intensidad, complejidad y diversidad en cada gama de precio, la innovación en todos los eslabones de la cadena de valor no es más una opción para la industria del vino, sino una necesidad. La cultura de innovación que afecta a toda la industria vitivinícola es el único camino que permite llegar a los consumidores, quienes con sus billeteras votan sin piedad por rangos específicos de productos vínicos. Esto, por lo tanto, exige que cualquier industria lucrativa y socialmente responsable tenga un compromiso hacia la calidad, estilo e innovación, desde el viñedo al paladar del consumidor.

De esta manera, es claro que la innovación tecnológica es uno de los pilares con los que la industria exitosa del vino del siglo XXI puede asegurarse ganar ventajas relacionadas a la influencia global y ganancia sustentable. Esto incluye, entre otras, la orientación del mercado y la innovación biotecnológica que están orientadas a vencer los problemas de la industria vitivinícola o a crear y liberar, estratégicamente, importantes oportunidades. Con el enfoque correcto, las consecuencias de las innovaciones biotecnológicas pueden armonizar significativamente con un complejo mercado, de factores culturales, sociales, ambientales y tecnológicos, sin remover el misticismo y romanticismo del arte ancestral en la elaboración de vinos.

A pesar del escepticismo de algunos grupos de consumidores “mal informados” sobre organismos y productos genéticamente modificados (los denominados GMOs y GM productos), no hay dudas de que la aplicación de una tecnología genética líder en la industria del vino tiene un gran potencial. A fin de igualar tecnológicamente al extraordinario desafío de los consumidores, las industrias vitivinícolas mundiales están crecientemente orientándose a la programación genética y al mejoramiento de los dos principales organismos involucrados en la producción de vinos, la vid y las levaduras.

2. El potencial de los cultivares de vid mejorados genéticamente

2.1 Cultivares y especies de vid

Económicamente, la vid constituye la especie más importante y ha sido relacionada a actividades agrícolas y religiosas desde las primeras escrituras y crónicas. Estas especies ancestrales han evolucionado a través de los años desde plantas arbustivas que necesitan sol para su crecimiento hasta plantas de hábito trepador conducidas con un sistema. La vid ha sido domesticada con facilidad, llegando a aproximadamente 8 millones de hectáreas con un intenso manejo cultural, los cuales representan los viñedos del mundo.

La vid está clasificada dentro del género *Vitis*, con sus dos subgéneros predominantes, *Euvitis* y *Muscadinia*, donde el primero abarca la mayor parte de las especies *Vitis*. La *Vitis vinifera* es originaria

de Europa, mientras que más de 30 especies son nativas de China y, otras 34 especies han sido caracterizadas en Norte y Centro América. El dato científico del origen de los cultivares de vid se halla disperso, pero es generalmente aceptado que *V. vinifera* (la especie más cultivada) incluye aproximadamente 5.000 cultivares verdaderos utilizados en las industrias de: vino, uvas de mesa y pasas de uva. Los mejoramientos realizados en estos cultivares inicialmente respondieron a selecciones arbitrarias de mutaciones naturales, que intensificaron el cultivo o algunos aspectos de calidad del fruto y/o del vino y que luego fueron seguidos por selecciones clonales más directas. Los programas clásicos de crianza han mantenido curiosamente latente los mejoramientos en el cultivo de la vid, ya que muy pocos cultivares nuevos han tenido éxito comercial, especialmente en la industria del vino, donde solo algunos cultivares ancestrales y seleccionados han respondido a productos comerciales. Sin embargo, los programas de crianza impactaron significativamente en el desarrollo de variedades a partir de estacas enraizadas resistentes a pestes y patógenos provenientes del suelo, tanto como a condiciones abióticas negativas.

Cuando se considera el mejoramiento de cultivares, las industrias de uvas de mesa, pasas de uvas y vinos tienen distintos objetivos. Las primeras comercializan su producto directamente y deben proveer al consumidor productos nuevos, excitantes y de excelente calidad. Por su parte, la industria del vino para vender sus productos responde a nombres de varietales establecidos y estilos de vinos predecibles. La tecnología de transformación genética ha sido la pionera al tener un alto potencial en los programas de mejoramiento de vid en las tres industrias. Algunas de las ventajas asociadas a esta tecnología y a su aplicación en la producción de vid serán discutidas en las siguientes secciones.

2.2 Características y técnicas genéticas para el análisis y desarrollo de viñedos

El hecho de que el genoma de varias plantas haya sido totalmente secuenciado y que los análisis del genoma completo, promeótico y metabolómico son cada vez más accesibles, confirma que una fase más avanzada en el mejoramiento de las plantas, a través de la biología molecular y transformación genética, está comenzando. El acceso al genoma de la vid, en términos de la aplicación de la biología molecular, es mucho más restringido que el acceso al genoma de las levaduras vínicas. Esto se debe al tamaño del genoma del primero (ca. 470-483 mb dividido en 38-40 cromosomas) y a su complejidad (solo el 4% del genoma es transcrito). Sin embargo, sigue siendo objeto de intensos estudios con la colaboración de firmas multinacionales en diversas iniciativas para obtener marcadores moleculares y la secuencia completa del genoma de *Vitis*.

La tecnología de añadir genes de interés, bajo el control de elementos reguladores seleccionados en el genoma de la planta, ha abierto varias posibilidades al mejoramiento de las mismas y un amplio espectro de especies económicamente importantes han sido objeto de estas investigaciones. Las tecnologías de bombardeos biolísticos y mediados por *Agrobacterium* han asegurado que una constante y creciente lista de especies sean accesibles a la transformación genética. No obstante, es un hecho que la vid ha sido considerada como antagónica a la transformación genética debido a varias dificultades, por ejemplo, en obtener un sistema de tejidos de cultivo regenerable que puede resistir la transformación biolística o por *Agrobacterium* y los subsiguientes procedimientos de selección.

El primer avance significativo se realizó cuando células embrionarias fueron empleadas como diana para la transformación de la vid, conduciendo a gran cantidad de laboratorios (públicos y privados) a producir rutinariamente viñedos transgénicos. En relación a esto, el término rutinario incluye unos pocos, pero económicamente importantes, pitones de vid y cultivares a partir de estacas enraizadas. Desde 1989, cuando se realizaron las primeras transformaciones exitosas, el objetivo ha cambiado gradualmente desde el desarrollo de la tecnología de transformaciones hasta la implementación de esta tecnología en la generación de plantas útiles.

2.3 Objetivos para el mejoramiento de la genética de la vid

El empleo de la biología molecular, para estudiar los procesos fundamentales que respaldan las respuestas fisiológicas, está ampliamente relacionado a la perspectiva del mejoramiento genético de la vid. Inicialmente, cuando los recursos de la genética eran limitados, se introducían a la planta genes de función conocida con la esperanza de desarrollar algún “mejoramiento” fenotípico. Esta tentativa nos ha enseñado valiosas lecciones, en especial sobre las complicaciones acerca del silencio de los transgénicos, pero también ha probado que el verdadero y sustentable avance puede ser realizado cuando el

conocimiento se combina con la aplicación.

Las transformaciones de la vid están entrando en una era excitante de la ciencia de las plantas, ya que una lista creciente de genes y sus secuencias reguladoras están siendo cada vez más accesibles para especies económicamente importantes, incluida la vid.

Mejoramiento de la sanidad de la vid. En general, es aceptado que las enfermedades de las plantas son la excepción más que la regla, debido a un eficiente mecanismo de defensa frente a pestes y patógenos. Los monocultivos, sin embargo, están bajo una constante amenaza por numerosos patógenos y pestes y los mecanismos que restringen los patógenos fúngicos, bacterianos, virales e insectos permanecen como centro de atención de la ingeniería genética de plantas cultivables. Este enfoque, de transferencia de un gen en el genoma vegetal, es tal vez el que mejor se ajusta al objetivo de intensificar la tolerancia a las enfermedades, ya que genes individuales pueden conferir resistencia a las enfermedades.

Diferentes procedimientos han sido utilizados para aumentar la tolerancia de las plantas a las enfermedades y la mayoría de ellos hacen uso de alguna parte de la interacción natural entre el patógeno y el huésped. Esta interacción, compleja y dinámica, es debida al hecho de que los huéspedes y patógenos evolucionan en una batalla por la supervivencia. La mayoría de las estrategias de transformación involucran un producto génico con actividad antipatógena conocida, el cual es introducido con muchas copias o de manera inducida en el huésped con la intención de optimizar la respuesta de defensa innata de ciertas partes de la planta. Ejemplos de este tipo de procedimiento se muestran en la Tabla 1.

Otro importante enfoque sobre la resistencia manipulada a enfermedades en vid, y otras plantas, depende de la resistencia derivada del patógeno (PDR) y varias de sus aplicaciones. El gen derivado del patógeno, y su producto codificado, es expresado en un momento, forma o cantidad incorrectos durante el ciclo de infección. De esta forma, se previene que el patógeno produzca la infección. La mayoría de las estrategias antivirales dependen, en algunos aspectos, de la PDR y constituyen la mayor porción de las transformaciones genéticas de las variedades de vid (Tabla 1).

Una serie de especies transgénicas ha sido desarrollada por este método, con éxitos variables. Las vides transgénicas, que expresan genes heterogéneos antifúngicos y antivirales, actualmente están siendo testeados. Estos primeros "prototipos" con tolerancia manipulada a enfermedades, en vid como en otras especies, son el comienzo de una nueva era especies cultivables, así los viejos problemas han comenzado a recorrer nuevos caminos. La tecnología mejorará indudablemente en sofisticación, con la posibilidad de transferir genes múltiples, emplear secuencias reguladoras inducibles altamente específicas y asegurar la expresión estable y a largo plazo de los genes transferidos.

Se ha adquirido mucha experiencia sobre la naturaleza de las interacciones planta-patógeno y de las vías de resistencia a las enfermedades que operan en las plantas por medio de la generación y análisis de plantas transgénicas. Una serie de mutantes de *Arabidopsis* bloqueados en ciertas vías de defensa de patógenos también proveen información extremadamente valiosa en relación a las funciones de los genes. Las investigaciones se han desarrollado hasta el punto de caracterizar las vías de las enfermedades y se está aplicando mayor énfasis sobre la resolución del sistema disparador de defensa, y la subsiguiente señal del proceso de transducción conduciendo a varias formas de defensa.

Mejoras en el cultivo de vid. La transformación genética abarca enormes aplicaciones en el mejoramiento del cultivo de vegetales, ya que tiene la posibilidad de desarrollar plantas capaces de adaptarse a condiciones climáticas adversas. Los avances realizados en el entendimiento de la tolerancia al estrés, combinados con el conocimiento básico de los aspectos claves del crecimiento y desarrollo de las plantas, han acelerado la viabilidad de los procesos transgénicos para direccionar estos complejos problemas. La comprensión básica de los procesos fundamentales, tales como la partición del carbón, modos de traslocación de azúcares, transporte de agua y el papel de acuaporinas, como así también su regulación, son algunas de las áreas estudiadas activamente para conducir el esfuerzo de desarrollar vides transgénicas con un perfil de cultivo mejorado. Las importantes limitaciones para el cultivo, enfocados en este proceso, son el estrés a la sequía y a la sal, tolerancia a los daños por luz y al congelamiento (ver ejemplos en la Tabla 1). Las mencionadas reacciones de estrés de la planta son vías complejas de interacciones proteicas manejadas por una serie de señales que son atenuadas o amplificadas por procesos igualmente complejos. Este típico tríptico de interacciones biológicas es más difícil de manipular con adición de genes individuales, o incluso múltiples, y, consecuentemente, el conocimiento de los

mecanismos de control y de alteraciones podría resultar más factible.

Mejoramiento de la calidad de la vid. El concepto de calidad en productos de la vid difiere en las tres industrias principales. La industria del vino considera deseables a los frutos pequeños y bien coloreados que cumplen con los indicadores óptimos de madurez (azúcar / ácidos / fenoles), mientras que en la industria de uva de mesa la apariencia y tamaño óptimo de los racimos de importancia primordial. Los elementos básicos de calidad, tales como buen color y contenido azucarino, son de importancia genérica y actualmente son el objetivo en la biología molecular de la vid. Los procesos básicos de maduración y, más significativamente, las señales evasivas de madurez están siendo investigados. Las señales hormonales, ambientales y bioquímicas que impactan en los procesos claves de la maduración, tales como la producción de pigmentos, acumulación y transporte de azúcares y la formación de compuestos aromáticos, son estudiados en la vid como ejemplo de frutos no climatéricos (Tabla 1). El objetivo fundamental de este tipo de procedimiento es cambiar el flujo metabólico hacia vías biosintéticas importantes que estén activas durante la maduración de la baya, para incrementar la formación de productos deseables o novedosos relacionados a los parámetros de calidad de la uva. En cuanto a estos temas, la biotecnología de la vid está en sus comienzos, al igual que en muchas otras especies, y tendrá que promover el esclarecimiento de la importancia del proceso como también el mejoramiento de las tecnologías de transformación para alcanzar sus objetivos. Las tecnologías de inserción y supresión de genes diana son algunas de las herramientas que harán de esta y otras innovadoras perspectivas más factibles, tales como la manipulación de vías bioquímicas para obtener productos y metabolitos novedosos.

Reimpreso de TRENDS IN BIOTECHNOLOGY, Vol. 20, 2002, pp. 426-432, Pretorius et al, "Meeting the Customer ..." y Vol. 20, 2002, pp. 472-478, Vivier et al, "Genetically Tailored Grapevines ..."

Copyright (2002), con permiso de Elsevier

Continuará ...

Tabla 1. Objetivos del mejoramiento genético en cultivares de vid y en estacas enraizadas

<u>Propiedades deseables</u>	<u>Área de interés</u>	<u>Ejemplos de genes dianas actuales y potenciales</u>
<u>Mejoramiento de la resistencia a enfermedades</u>		
Tolerancia a los hongos	Defensa de la vid y transmisión de señales de defensa en respuesta a patógenos fúngicos; patología de varios patógenos fúngicos; resistencia innata (base molecular) de varias especies.	Genes codificadores de glucanasa – y quitinasa – de hongos, levaduras y plantas; proteínas ribosomales inactivadoras (RIPs); proteínas similares a la taumatina (<i>Vv11</i>), genes de plantas e insectos codificadores de péptidos antifúngicos; PGIP (poligalacturonasa - proteína inhibidora); genes de especies vegetales codificadores, fitoalexinas estilbeno (estilbeno sintetetas: <i>stsy</i> , <i>vst1</i> , <i>vst2</i>); amonio fenilalanina liasa: <i>pal</i>) <i>CuZnSOD</i> (superóxido dismutasa CuZn putativo; genes productores de enzimas detoxificantes (aldehído reductasa dependiente de NADPH, enzima reductora <i>Vigna radiata</i> -Eutypine)
Tolerancia a las bacterias	Defensa de la vid y transmisión de señales de defensa en respuesta a patógenos bacterianos; patología de varios patógenos bacterianos; resistencia innata (base molecular) de varias especies.	Péptidos antimicrobianos (péptido lítico, Shiva-I, defensinas); gen de <i>Agrobacterium</i> codificador de proteínas importación e integración disfuncionales (<i>virE2delB</i>)
Tolerancia a los virus	Epidemiología de infecciones víricas y vectores; biología molecular de virus infecciosos; estrategias de resistencia derivada del patógeno (co-proteínas, proteínas de movimiento)	Proteínas de la cubierta vírica (traducibles, sin sentido, no traducibles); proteínas víricas de movimiento (sin sentido); replicasa (RNA polimerasa dependiente de RNA); proteinasas; 2,5 oligoadenilato sintetasa.
<u>Mejoramiento de la tolerancia al estrés</u>		
Resistencia al estrés hídrico	Acuaporinas; aislamiento de promotores específicos de la raíz	TIPs (proteínas integrales tonoplásticas); PIPs (proteínas integrales de la membrana plasmática)
Daño oxidativo	Control y biosíntesis de carotenoides (gran cantidad de genes putativos y promotores han sido clonados); anaerobiosis	Genes biosintetizadores de carotenoides; genes <i>Adh</i> (alcohol deshidrogenasa); SODs (CuZnSOD cistosólico, CuZnSOD residente en cloroplastos, MnSOD residente en mitocondrias)
Estrés osmótico y otros factores abióticos	Acumulación de prolina; poliaminas y su papel en el estrés	<i>Vvp5cs</i> (Δ^1 -pirrolina-5-carboxilato); <i>Vvoat</i> (δ -ornitina aminotransferasa); FeSOD, glicina betína, genes de peces antárticos antifreeze (tolerancia al congelamiento)
<u>Mejoramiento de los factores de calidad</u>		
Desarrollo del color	Procesos y señales relacionados con la maduración, control y biosíntesis de antocianinas (han sido clonados numerosos genes y algunos promotores); aislamiento de promotores específicos de bayas.	<i>ufgt</i> (UDP-glucosa:flavonoide 3-O-glucosiltransferasa) y/o secuencias reguladoras de <i>ufgt</i> ; producción de antocianinas a base de pelargonidina para nuevos colores de bayas; antocianina metil-transferasas
Transporte y acumulación de azúcares	Carga y descarga del floema; invertasas; transporte de azúcares; aislamiento de promotores específicos de bayas.	Invertasas de plantas y levaduras para estudiar la carga y descarga del floema; transporte de azúcares (<i>Vvsuc11</i> , <i>Vvsuc12</i> , <i>Vvsuc27</i>); transporte de hexosas (<i>Vvht1</i> , <i>Vvht2</i>)
Pardeamiento reducido (uvas de mesa y pasas)	Reacciones de oxidación	Silenciado de la polifenol oxidasa
Uvas de mesa sin semilla	Formación de la semilla; aislamiento de promotores específicos de semillas	Gen <i>baranase</i>