19		OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS ESPAÑA	 (1) Número de publicación: 2 165 278 (2) Número de solicitud: 009901435 (5) Int. Cl.⁷: C12N 15/52 C12N 1/21 C12P 19/62 	
(12)		PATENTE DE	INVENCION BI	L
 ⁽²²⁾ Fecha de presentación: 24.06.1999 ⁽⁴³⁾ Fecha de publicación de la solicitud: 01.03.2002 			 73 Titular/es: UNIVERSIDAD DE OVIEDO Plaza del Riego, 4 - Edificio Histórico 33003 Oviedo, Asturias, ES 	_
(45)	Fecha de concesiór Fecha de anuncio d	n: 16.05.2003 de la concesión: 16.06.2003	(72) Inventor/es: Agirrezabalaga González, Ignacio; Olano Alvarez, Carlos; Allende Vega, Nerea; Rodríguez García, Leticia; Fernández Braña, Alfredo; Méndez Fernández, Carmen y	
(45)	Fecha de publicació I6.06.2003	ón del folleto de patente:	Salas Fernández, José Antonio	

54 Título: Un procedimiento de obtención de productos glicosilados mediante la biosíntesis de los desoxiazúcares: L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa.

(57) Resumen: Un procedimiento de obtención de productos glico-silados mediante la biosíntesis de los desoxiazúcares: silados mediante la biosíntesis de los desoxiazúcares: L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa. Se describe un procedimiento de obtención de pro-ductos glicosilados a través de la construcción de tres plásmidos capaces de dirigir la biosíntesis de los desoxiazúcares L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa. Se describe también la construcción de una cepa de *Streptomyces albus* que posee integrado en su cro-mosoma el gen de resistencia a eritromicina y un gen (oleGII) que codifica una glicosiltransferasa que la capacita para glicosilar anillos macrocíclicos lactona.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

DESCRIPCION

1

Un procedimiento de obtención de productos glicosilados mediante la biosíntesis de los desoxiazúcares: L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa. Antecedentes

Los actinomicetos, en particular el género Streptomyces, son productores de aproximadamente dos tercios de todos los compuestos bioac-Muchos de estos compuestos tivos conocidos. poseen aplicación farmacéutica dada su actividad antibacteriana, antifúngica, antiparasitaria y antitumoral. Una característica estructural bastante frecuente en muchos de estos compuestos es la existencia de azúcares unidos a la estructura principal (aglicón) y, en muchos casos, la presencia de estos azúcares es esencial para la actividad biológica del compuesto. Entre éstos podemos mencionar el grupo de los macrólidos que incluve antibióticos principalmente utilizados en el tratamiento de infecciones por bacterias grampositivas como eritromicina, oleandomicina, espiramicina, etc. Estos azúcares pertenecen en su mayoría a la amplia familia de las 6-desoxihexosas. Se han descrito más de 80 azúcares distintos de esta familia (Liu y Thorson, Annu. Rev. Mi-crobiol. 48: 223-256, 1994). Estos azúcares son importantes y, en muchos casos, esenciales para la actividad biológica de estos compuestos. La generación de nuevos macrólidos mediante la modificación de los azúcares es un tema de gran interés para la industria farmacéutica. Hasta el momento actual la única aproximación posible (que no ha dado importantes resultados) es la modificación mediante síntesis química, metodología que presenta grandes dificultades de llevar a cabo por lo que existe una demanda para métodos alternativos. Es en este sentido en donde la presente invención permite disponer de cepas recombinantes capaces de sintetizar tres nuevos desoxiazúcares y la potencialidad de poder generar nuevos derivados glicosilados.

Breve descripción de la invención

El objeto de la invención es un procedimiento de obtención de productos glicosilados a través de una serie de etapas que constituyen dicho procedimiento:

- 1. Construcción de plásmidos portadores de los genes que codifican L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa (pOLV, pOLE y pRHAM, respectivamente).
- 2. Construcción de una cepa capaz de expresar una glicosiltransferasa.
- 3. Transformación de la cepa de la etapa 2 con los plásmidos de la etapa 1.
- 4. Obtención/Purificación de los productos finales glicosilados.

Descripción detallada de la invención

El procedimiento para la obtención de productos glicosilados transcurre a través de una serie de etapas:

1. Construcción de plásmidos portadores de los genes que codifican L-olivosa, L-oleandrosa y Lramnosa (pOLV, pOLE y pRHAM, respectivamente)

Inicialmente se procedió al aislamiento e identificación de varios genes implicados en la biosíntesis de L-oleandrosa en *Streptomyces antibioticus* ATCC 11891.

- A partir de una serie de clones en cósmidos de una genoteca de ADN total de S. antibioticus ATCC 11891 (Rodriguez et al., Mol. Microbiol. 8: 571-582, 1993) se secuenció una región de 9.817 pb localizada corriente arriba de los genes que codifican la policétido sintasa de oleandomicina (Figura 1, en donde se indica también el mapa de restricción de la región secuenciada) clonada a partir de los cósmidos cosAB63 (Quirós et al. Mol. Microbiol. 28: 1177-1185, 1998) y cosAB61 (Rodriguez et al., Mol. Microbiol. 8: 571-582, 1993). La secuencia de nucleótidos (ID SEC. N $^{\circ}$ 1) se determinó utilizando el método de terminadores de cadena diseñado por Sanger y col. (Sanger et al. PNAS 74: 5463-5467, 1977) y se analizó utilizando el programa CodonPreference (UWGCG; Devereux et al., Nucleic Acid Res. 12: 387-395, 1984) para detectar la existencia de posibles pautas abiertas de lectura. En dicha secuencia se detectó la presencia de 8 pautas abiertas de lectura. Las características genéticas de las distintas pautas abiertas de lectura (numeradas de izquierda a derecha) así como las distintas proteínas que codiffican son:
 - Pauta abierta de lectura 1. Gen denominado oleW. Se inicia en un codón ATG (nt 1.576 en ID SEC.N° 1) y termina en un codón TGA (nt 590 en ID SEC.N° 1). Comprende 987 pares de bases y codifica una proteína de 328 aminoácidos con un peso molecular estimado de 35.834 daltons (ID SEC. N° 2). Esta proteína presenta similitud en bases de datos con LanT $(50,8\,\%$ aminoácidos idénticos; Westrich et al., FEMS Microbiol. Lett. 170: 381-387, 1999), con Graorf
26 (49,1 % identidad; Ichinose et al., Chem. Biol. 5: 647-659, 1998), con una posible oxidoreductasa de Amycolatopsis mediterranei (48,9%; August et al., Chem. Biol. 5: 69-79, 1998) y con RdmF (48,9%; Niemi y Mantsala, J. Bacteriol 177: 2942-2945, 1995) (Fig. 2A). En base a ello, se le atribuye una función 3cetoreductasa en la síntesis de L-oleandrosa. Pauta abierta de lectura 2. Gen denominado oleV. Se inicia en un codeen ATG (nt 3.020 en ID SEC.N° 1) y termina en un codón TGA (nt 1.596 en ID SEC N° Sus 1.425 nucleótidos codifican para 1). una proteína de 474 aminoácidos y un peso molecular estimado de 53.149 daltons (ID SEC N° 3). Al comparar la proteína en las bases de datos se encuentra homología con Lan
S $(55,2\,\%$ de identidad; Westrich et al., FEMS Microbiol. Lett. 170: 381-387, 1999), con DnmT (52,8%; Scotti y Hutchinson, J. Bacteriol. 178:7316-7321, 1996), con SnoH (51,5%; Ylihonko et al., Mol. Gen. Genet. 251: 113-120, 1996), con EryBVI (51,1%; Gaisser et al., Mol. Gen. Genet. 256: 239-251, 1997; Summers et al., Microbiology 143: 3251-3262, 1997) y con Graorf
27 (50,7%; Ichinose et al., Chem. Biol. 5: 647-659, 1998) (Fig. 2B). Se le

atribuye una función de 2,3-deshidratasa en

la síntesis de L-oleandrosa.

 $\mathbf{2}$

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Pauta abierta de lectura 3. Gen denominado oleL. Se inicia en un codón ATG (nt 3.356 en ID SEC. N° 1) y termina en un codón TGA (nt 3.970 en ÍĎ SEC. N° 1), con un tamaño de 615 pares de bases. Codifica para un péptido de 204 aminoácidos y un peso molecular estimado de 22.248 daltons (ID SEC N° 4). En las bases de datos muestra homología con distintas dTDP-4-ceto-6-desoxiglucosa 3,5-epimerasas como StrM (50% identidad; Pissowotzki et al., Mol. Genet. 231:113-123, 1991), DnmU Gen. (42,8%; Otten et I., J. Bacteriol. 179: 4446-4450) y EryBVII (42,4%; Gaisser et al., Mol. Gen. Genet. 256: 239-251, 1997; Summers et al., Microbiology 143: 3251-3262, 1997) (Fig. 2C). Se le asigna como función la epimerización de los carbonos 3 y 5 en la síntesis de L-oleandrosa.
- Pauta abierta de lectura 4. Gen denominado *oleS*. Se inicia con un codón GTG (nt 3.967 en ID SEC.N° 1) y termina en un codón TGA (nt 5.037 en ID SEC.N° 1). Con un tamaño de 1.061 pares de basés, este gen codifica para una proteína de 356 aminoácidos con un peso molecular estimado de 38.109 daltons (ID SEC N $^{\circ}$ 5). Esta proteína muestra una gran homología con dTDP-glucosa sintasas de estreptomicetos como MtmD (70.2% de identidad; Lombó et al., J. Bacteriol. 179: 3354-3357, 1997). StrD (68.2%: Pissowotzki et al., Mol. Gen. Genet. 231:113-123, 1991) y DnmL (58.1%; Gallo et al., Microbiology 142: 269-275, 1996) (Fig. 2D). Se le supone involucrada en la activación de glucosa-1-fosfato a dTDP-D-glucosa como primer paso en la síntesis de L-oleandrosa y D-desosamina para incorporarse luego al anillo macrolactona de la oleandomicina en S. antibioti-CUS.
- Pauta abierta de lectura 5. Gen denominado oleE. Su codón de iniciación ATG (nt 5.034 en ID SEC. N° 1) se solapa con el codón de parada de *oleS*, terminando en el nucleótido 6.041. Codifica para una proteína de 335 aminoácidos con un peso molecular estimado de 36.664 daltons (ID SEC N° 6). Posee una gran similitud con dTDP-glucosa 4,6-deshidratasas como MtmE (70,2%) de identidad; Lombó et al., J. Bacteriol. 179: 3354-3357, 1997), StrE (64,7%; Pissowotzki et al., Mol. Gen. Genet. 231:113-123, 1991) y TylA2 (63%; Merson-Davies y Cundliffe, Mol. Micro-biol. 13: 349-355, 1994) y todas ellas mantienen un motivo conservado de unión a NAD^+ (Fig. 2E). En base a estas homologías se le asigna la función de dTDPglucosa 4,6-deshidratasa en la biosíntesis de D-desosamina y L-oleandrosa.
- * Pauta abierta de lectura 6. Gen denominado oleU. Su codón de iniciación ATG (nt 6.038 en ID SEC.N° 1), muestra un solapamiento con el codón de terminación de oleE. El gen oleU se extiende a lo largo de 888 nucleótidos terminando en un codón TGA (nt

6.925 en ID SEC.N° 1). Codifica para una proteína de 295 aminoácidos con un peso molecular estimado de 32.098 daltons (ID SEC NO 7). Esta proteína muestra similitud con 4-cetoreductasas de azúcares de antibióticos como Str
L $(57,4\,\%$ de identidad; Pissowotzki et al., Mol. Gen. Genet. 231:113-123, 1991), DnmV (27,8%; Otten et al., J. Bacteriol. 179: 4446-4450, 1997) y EryBIV (24,8%; Gaisser et al., Mol. Gen. Genet. 256: 239-251, 1997; Summers et al., Microbiology 143: 3251-3262, 1997) (Fig. 2F). Todas comparten dos motivos conservados, uno de unión a nucleótido y otro de unión a cofactor. Para la proteína OleU se propone un papel de 4-cetoreductasa en la síntesis de L-oleandrosa.

- Pauta abierta de lectura 7. Gen denominado oleNI. Se inicia con un ATG (nt 6.922 en ID SEC. N° 1) que solapa con el codón de terminación de oleU y termina en un TGA (nt 8.103 en ID SEC.N° 1). Se extiende a lo largo de 1.182 nucleótidos y codifica para una proteína de 393 aminoácidos con un peso molecular estimado de 42.645 daltons (ID SEC N° 8). Muestra similitud con aminotransferasas que actúan sobre 6-desoxiazúcares en las rutas de biosíntesis de varios antibióticos. Este es el caso de EryCIV y EryCI (65% y 34,6% de identidad, respectivamente; Gaisser et al., Mol. Gen. Genet. 256: 239-251, 1997; Summers et al., Microbiology 143: 3251-3262, 1997), TyIB (32,1%; Merson-Davies y Cundliffe, Mol. Microbiol. 13: 349-355, 1994), LmbS (32,6%; Peschke et al., Mol. Microbiol. 16: 1137-1156, 1995) y DnrJ (29,8%; Stutzman-Engwall et al., J. Bacteriol. 174: 144-154, 1992) (Fig. 2G). En base a estas similitudes se le asigna un papel como aminotransferasa implicada en la biosíntesis de D-desosamina.
- * Pauta abierta de lectura 8. Gen denominado oleT. Se inicia con un codón GTG (nt 8.225 en ID SEC. N° 1) y acaba en un TGA (nt 9.688 en ID SEC.N° 1). Tiene una longitud de 1.464 pares de bases y codifica para una proteína de 487 aminoácidos con un peso molecular estimado de 53.984 daltons (ID SEC N° 9). La proteína OleT probablemente catalice una 3,4-reducción que se produce como uno de los pasos finales en la síntesis de D-desosamina, dada su similitud con las proteínas Desll (57,2% identidad; Xue et al., PNAS 95: 12111-12116, 1998) y EryCV (56,7%; Gaisser et al., Mol. Gen. Genet. 256: 239-251, 1997; Summers et al., Microbiology 143: 3251-3262, 1997) (Fig. 2H).

Una vez que se dispuso de esta información se procedió a la construcción de los plásmidos portadores de los genes que codifican para la biosíntesis de L-olivosa (pOLV), L-oleandrosa (pOLE) y Lramnosa (pRHAM).

Construcción del plásmido pOLV

El plásmido pOLV posee la capacidad de dirigir la biosíntesis del desoxiazúcar L-olivosa. Para

4

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

su construcción se procede de la siguiente forma. A partir del cósmido cosAB61, se aisló un fragmento de ADN SstI de 7,6 kb mediante digestión total del ADN del cósmido con este enzima de restricción y aislamiento del fragmento de un gel de agarosa de bajo punto de fusión mediante electroelución. El fragmento una vez aislado fué clonado en el sitio *ŠstI* del plásmido plAG0 previa digestión total del plásmido con ese enzima de restricción y ligación del fragmento al plásmido con ADN ligasa del fago T4 en presencia de iones magnesio y ATP. plAGO es un vector bifuncio-nal (*E. coli-Streptomyces*) de 7,5 Kb derivado de pWHM3 (Vara et al., J. Bacteriol. 171: 5872-5881, 1989) conteniendo el promotor del gen de resistencia a eritromicina (ermE) de Saccharopolyspora erythraea (Bibb et al., Gene 38: 215-226) como un fragmento KpnI-BamHI de 0.28 kb insertado en los mismos sitios de restricción de pWHM3. El fragmento SstI de 7,6 Kb queda de este modo insertado delante de dicho promotor y los genes que contiene están bajo el control de sus propios promotores. El ADN así ligado se introdujo en Escherichia coli XL2-Blue (Stratagene) por transformación de células competentes. Los transformantes se seleccionaron por resistencia al antibiótico ampicilina (100 μ g/ml) en placas de medio LB sólido (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.) y las colonias conte-niendo plásmidos recombinantes se identificaron por su incapacidad de hidrolizar X-gal en presencia de IPTG. Los clones recombinantes que contenían el fragmento SstI fueron identificados mediante preparación del ADN plasmídico de las colonias recombinantes, digestión con el enzima SstI y análisis mediante electroforesis en gel de agarosa, utilizando técnicas estandard de Biología Molecular (Sambrook et al., 1989. Molecular clo-ning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.). Uno de los clones aislados que contenía la construcción correcta se designó pOLV (Fig. 3) y la cepa de E. coli que la contenía se denominó ĔOLV.

5

Construcción del plásmido pOLE

El plásmido pOLE posee la capacidad de dirigir la biosíntesis del desoxiazúcar L-oleandrosa. Para su construcción se procede de la siguiente forma. El gen *oleY* codifica una 3-O-metiltransferasa implicada en la metilación del hidroxilo en el carbono 3 de la L-oleandrosa durante la biosíntesis de oleandomicina por *S. antibioticus* (Olano et al., Mol. Gen. Genet. 259: 299-308, 1998). Este gen fué amplificado mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR; Saiki et al, Science 239: 487-491, 1988) utilizando los siguientes oligonucleótidos como cebadores: (a) oligonucleótido para el extremo 5' (AGAGAAGCTTGCT-AGCCCGGACCACGCGAAGGACCTTTCAC-ATG); lleva sitios de restricción para los enzimas *HindIII* y *NheI* (indicados en letra negrilla) y (b) oligonucleótido para el extremo 3' (AGTCTA-GĂTTAATTAÂCTAGTTGTCGTTCCAGAAC-GGCTCCCGGG); lleva un sitio de restricción para el enzima \dot{XbaI} (indicado en negrilla). Se mezclaron 100 ng de ADN molde con 30 pmoles $\mathbf{6}$

de cada cebador y 2 unidades de Vent DNA Polimerasa (New England Biolabs) en un volúmen de reacción de 50 μ l conteniendo 2mM de cada dNTP, 10 mM KCl, 10 mM (NH₄)₂SO₄, 20 mM Tris-HCl (pH 8,8), 2mM MgSO₄ y 0,1% Triton X-100. La mezcla se cubrió con 50 μ l de aceite mineral y la reacción de polimerización se llevó a cabo en un termociclador MinyCycler de MJResearch bajo las siguientes condiciones: 3 min. a 98°C, seguidos de 30 ciclos de 30 seg. a 98°C, 1 min. a 67°C y 3 min a 72°C. Terminados los 30 ciclos se sometió la mezcla de reacción a una extensión final de 5 min a 72°C. Una vez amplificado, el fragmento de ADN de 1.155 pares de bases se digirió con HindIII y XbaI y fué subclonado en los sitios *HindIII* y XbaI del plásmido pUC18. A partir de esta construcción se rescató el gen ole Y utilizando los sitios de restricción NheI y XbaI presentes en los cebadores, y aislando el fragmento que contiene el gen ole Y de un gel de agarosa de bajo punto de fusión. Este fragmento de ADN se subclonó en el sitio XbaI de pOLV (a continuación del promotor del gen de resistencia a eritromicina) previa digestión total del plásmido con ese enzima de restricción y ligación del fragmento al plásmido con ADN ligasa del fago T4 en presencia de iones magnesio y ATP. El ADN producto de la ligación se introdujo en Escherichia coli XL2-Blue (Stratagene) por transformación de células competentes. El reconocimiento de los transformantes se realizó por selección con ampicilina (100 μ g/ml) en placas de LB sólido (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.). Los transformantes que eran recombinantes y contenían el gen ole Y se reconocieron por obtención de ADN plasmídico de colonias transformantes y su posterior digestión doble con los enzimas SstI y XbaI y análisis mediante electroforesis en gel de agarosa, utilizando técnicas estandard de biología molecular. Esta digestión permitió reconocer la inserción del fragmento y a la vez comprobar la orientación del gen ole Y a continuación y a favor del promotor del gen de resistencia a la eritromicina (ermE) presente en pOLV. Uno de los clones aislados conteniendo la construcción correcta se denominó pOLE (Fig. 4) y a la cepa de *E. coli* que lo contenía EOLE. *Construcción del plásmido pRHAM*

El plásmido pRHAM posee la capacidad de dirigir la biosíntesis del desoxiazúcar L-ramno-Para su construcción se procede de la sisa. guiente forma. Procedente de la digestión total del cósmido cosAB63 (Quirós et al, Mol. Microbiol. 28: 1177-1185, 1998) con los enzimas de restricción SphI y XmnI, se aisló un fragmento Sphi-XmnI de 4,1 Kb por elución del fragmento de un gel de agarosa mediante electroelución. Estos sitios de restricción se localizan a partir de los nucleótidos 3.286 (SphI) y 7.422 (XmnI) de la secuencia descrita en la Figura 2. Este fragmento de ADN contiene las regiones codificadoras de los genes oleL, oleS, oleE y oleU, así como parte de oleNI. Con la intención de generar los sitios de restricción adecuados a ambos lados del fragmento de 4,1 Kb, el fragmento SphI-XmnI fue clonado en los sitios SphI y Smai del plásmido pUK21 (Vieira

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

y Messing, Gene 100: 189-194, 1991) previamente digerido totalmente con dichos enzimas y ligado a él con ADN ligasa del fago T4 en presencia de iones magnesio y ATP para dar el plásmido pL-RHA. El ADN de la ligación se introdujo en E. coli XL2-Blue (Stratagene) mediante transformación de células competentes. Los transformantes fueron seleccionados por resistencia a kanamicina $(100 \ \mu g/ml)$ en placas de medio sólido LB (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.) y las colonias conteniendo plásmidos recombinantes se reconocieron por su incapacidad de hidrolizar X-Gal en presencia de IPTG. Los clones recombinantes que contenían el fragmento (SphI-XmnI) fueron identificados por digestión con SpeI de su ADN plasmídico y posterior análisis de los frag-mentos de restricción mediante electroforesis en gel de agarosa, utilizando técnicas estándard de Biología Molecular (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.). Después de obtener DNA plasmídico de la construcción pLRHA, éste se digirió con los enzimas Spei y XbaI y el fragmento de 4,1 Kb SpeI-XbaI rescatado se subclonó en el sitio XbaI del vector bifuncional pEM4 (Quirós et al, Mol. Microbiol. 28: 1177-1185, 1998) detrás del promotor del gen de resistencia a eritromicina (ermE*p) y en la orientación adecuada para quedar bajo su control transcripcional. A la construcción así generada se denominó pRHAM (Fig. 5) y a la cepa de *E. coli* que la contenía ERHAM. Construcción de una cepa capaz de expresar $una \ glicos il transferas a$

Una segunda etapa consiste en la construcción de una cepa de *S. albus* (denominada NAG2) productora de la glicosiltransferasa OleG2. Esta cepa posee ahora la capacidad de reconocer distintos azúcares y transferirlos a un anillo macrocíclico lactona. La generación de las construcciones plasmídicas intermediarias necesarias para construir la cepa final NAG2 se muestra en la Figura 6.

A partir del cósmido cosAB35 (Olano et al., Mol. Gen. Genet. 259: 299-308, 1998), se aisló un fragmento de ADN BglII de 5,84 Kb mediante digestión total del ADN del cósmido con este enzima de restricción y aislamiento del fragmento de un gel de agarosa de bajo punto de fusión mediante electroelución. Este fragmento, que contiene los genes *oleGII*, *oleGI* y *olePI* completos (Olano et al., Mol. Gen. Genet. 259: 299-308, 1998) además de parte de la policétido sintasa (Swan et al., Mol. Gen. Genet. 242: 358-362, 1994), se subclonó en el sitio BamHI del vector pUC18 por digestión total de pUC18 con BamHI y ligación con el fragmento con el enzima T4 DNA ligasa en presencia de magnesio y ATP, para dar lugar a la construcción pUC2G. El ADN ligado se introdujo en Escherichia coli TG1recO1504::Tn5 (Kolodner et al., J. Bacteriol. 163: 1060-1066, 1985) por transformación de células competentes. Los transformantes se seleccionaron por resistencia al antibiótico ampicilina (100 μ g/ml) en placas de medio LB sólido (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual,

8

2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.) v las colonias conteniendo plásmidos recombinantes se identificaron por su incapacidad de hidrolizar X-gal en presencia de IPTG. Los clones recombinantes que contenían el fragmento 5,84 Kb BglII fueron identificados mediante digestión doble del ADN plasmídico de las colonias recombinantes con HindIII v EcoRI v análisis mediante electroforesis en gel de agarosa de ésta y otras digestiones, utilizando técnicas estandard de biología molecular (Sambrook et al., 1989. Molecular cloning: a laboratory manual, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y.). Procedente de digerir la construcción pUC2G con BamHI y EcoRI, se aisló un fragmento de ADN de 1,45 Kb que contiene el gen oleGII y se subclonó en los mismos sitios del vector bifuncional (E. coli-Streptomyces) pEM4 (Quirós et al., Mol. Microbiol. 28: 1177-1185, 1998) bajo el control transcripcional del promotor del gen de resistencia a eritromicina $(ermE^*p)$, nombrándose esta construcción como pNAG2-1. Con la intención de generar sitios de restricción apropiados a ambos lados del gen *oleGII* precedido del promotor ermE*p, a partir de la digestión total de pNAG2-1 con *Hind*III y *Eco*RI se aisló por elución de un gel de agarosa un fragmento de 1,72 Kb conteniendo $ermE^*p$ y oleGII y se subclonó en el vector pIJ2925 (Janssen y Bibb, Gene 124: 133-134, 1993) digerido con los mismos enzimas para dar lugar a la construcción pNAG2-2. Después de digestión total de pNAG2-2 con el enzima $B_{\rm g}/{\rm II}$, se procedió a subclonar el fragmento Bq/II resultante conteniendo $ermE^*p$ y oleGII en el vector bifuncional e integrativo pKCE digerido también con Bg/II. Este vector pKCE proviene del vector integrativo pKC796 (Kuhstoss et al., Gene 97: 143-146, 1991) que contiene el gen de resistencia a apramicina y en él se ha clonado en el sitio BamHI del linker el gen de resistencia a eritromicina (ermE; Thompson et al., Gene 20-51-62, 1982) con su propio promotor. Con ello se obtiene la construcción pNAG2-3 en la cual coexisten dos $ermE^*p$ divergentes, controlando uno la transcripción de oleGII y el otro la de ermE. Con el propósito de inactivar el gen de resistencia a apramicina, se digirió ADN de la construcción pNAG2-3 con el enzima XhoI (que tiene un sitio único de reconocimiento en pNAG2-3 localizado dentro del gen de resistencia a apramicina), se crearon extremos romos por acción del fragmento klenow de la DNA polimerasa 1 de E. coli y se religó con T4 DNA ligasa en presencia de magnesio y ATP para dar la construcción pNAG2-4. El ADN de esta ligación se usó para transformar protoplastos de Streptomyces albus J1074 (ilv--1. sal $^{-2}$), que es un mutante R⁻ M⁻ de S. albus G (Chater y Wilde, J. Gen. Microbiol. 116: 323-334, 1980), y se seleccionaron los transformantes por su resistencia a eritromicina (200 μ g/ml). De varios de los transformantes aislados se probó su sensibilidad a apramicina (25 μ g/ml) y se escogió un clon eritromicina resistente-apramicina sensible para establecer la línea NAG2, la cual será usada como huésped en estudios posteriores. Esta cepa NAG2 contiene el gen oleGII integrado de forma estable en el cromosoma de S.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

albus, lo cual se ha comprobado obteniendo el ADN total de la cepa, digiriéndolo con Bg/II, realizando una transferencia Southern según procedimientos estándard (Hopwood *et al.*, Genetic Manipulation of Streptomyces. A Laboratory Manual; The John Innes Foundation: Norwich, U.K., 1985) a una membrana de nylon (Hybond N+, Amersham) y realizando una hibridación frente a un fragmento de DNA de 1,72 Kb conteniendo (ermE*p + *oleGII*) marcado radiactivamente con $(\alpha$ -P³²)dCTP (Amersham) y posterior autoradiografía.

9

 $\overline{\mathbf{3}}$. Transformación de la cepa de la etapa 2 con los plásmidos de la etapa 1

El siguiente paso consiste en la introducción de forma individual de los tres plásmidos portadores de genes que codifican la biosíntesis de L-olivosa, L-oleandrosa y L-ramnosa en la cepa NAG2 generada en la etapa 2.

Se utilizó ADN del plásmido pOLV para transformar protoplastos de la cepa NAG2, seleccionándose los transformantes por su resistencia a tioestreptona (25 μ g/ml). Uno de los clones transformantes se escogió para establecer la cepa IAGS1.

Se utilizó ADN del plásmido pOLE para transformar protoplastos de la cepa NAG2, seleccionándose los transformantes por su resistencia a tioestreptona (25 μ g/ml). Uno de los clones transformantes se escogió para establecer la cepa IAGS2.

Se utilizó ADN del plásmido pRHAM para transformar protoplastos de la cepa (*S. lividans* TK21 + cos16F4) (Wohlert et al., J. Am. Chem. Soc. 120: 10596-10601, 1998), seleccionándose los transformantes por su resistencia a apramicina (25 μ g/ml) y a tioestreptona (25 μ g/ml). Uno de los clones transformantes se escogió para establecer la cepa LRR.

4. Obtención/Purificación de los productos finales glicosilados

La siguiente etapa consiste en la incorporación de los azúcares a un anillo macrocíclico lactona. A partir de esporas y micelio obtenidos de una placa Petri sembrada con las cepas generadas en la etapa 3, se inoculan 25 ml de medio SCM (Pereda et al., Microbiology 144: 543-553, 1998) conteniendo 25 μ g/ml thio y se incuban a 30°C con agitación (300 r.p.m.). A las 24 horas se separan 10 ml a otro matraz y se añaden $10 \ \mu\text{g/ml}$ de EB y se continúa la incubación 4 días más (total, 5 días). Pasado este tiempo de incubación se toman 5 ml de cultivo y se extraen con un volúmen igual de acetato de etilo agitando, centrifugando v evaporando la fase orgánica. El sedimento se resuspende entonces en 10 μ l de acetona de donde se utilizan las correspondientes alícuotas para su análisis por TLC y HPLC.

Abreviaturas

X-gal: 5-bromo-4-cloro-3-indolil- β -D-galactopiranósido

IPTG: isopropil β -D-tiogalactopiranósido

pb: pares de bases

Kb: kilobases

r.p.m.: revoluciones por minuto

TLC: cromatografía en capa fina

HPLC: cromatografía líquida de alta eficacia thio: tioestreptona EB: eritronólido B

ATCC American Type Culture Collection

dTDP deoxitimidin difosfato

dNTP deoxinucleótido

ATP adenosin 5'-trifosfato PCR reacción en cadena de la polimerasa

Los siguientes ejemplos describen el invento con fines de ilustración, sin que en ningún caso deban considerarse como limitativos del mismo.

Ejemplo 1

Incorporación de L-olivosa al eritronólido B por la cepa IAGS1 (S. albus + oleGII + pOLV)

Uno de los ejemplos que muestra la potencialida de esta invención es la incorporación del azúcar L-olivosa al anillo macrocíclico lactona de la eritromicina (eritronólido B). Para ello, se inoculan 25 mi de medio SCM conteniendo 25 μ g/ml thio con esporas de la cepa IAGS1. Tras incubar a 30° C con agitación (300 r.p.m.) durante 24 horas, se separan 10 ml del cultivo a otro matraz y se añaden 10 $\mu {\rm g}/{\rm ml}$ de EB, continuándose la incubación durante otros 4 días (total, 5 días). Transcurrido este tiempo se toman $\hat{5}$ ml de cultivo y se extraen con un volúmen igual de acetato de etilo agitando, centrifugando y evaporando la fase orgánica. El sedimento se resuspende entonces en $10 \ \mu$ l de acetona de donde se utilizan las correspondientes alícuotas para su análisis por TLC y HPLC.

Para la TLC se utilizó como adsorbente gel de sílice sobre un soporte de aluminio (SDS, Francia), siendo la fase móvil utilizada una mezcla de diclorometano y metanol en proporción 9:1 v/v. Para el análisis por HPLC se usó una columna Symmetry C18 (Waters) con acetonitrilo y agua como solventes. La elución de las muestras se llevó a cabo con un gradiente desde 10% al 50% de acetonitrilo en 20 minutos seguidos de 10 minutos mantenidos en las condiciones finales. La tasa de flujo fue de 1 ml/min realizándose el monitoreo por la absorción a 201 nm.

Como resultado de este experimento (Fig. 7) se observó por TLC la aparición de una mancha nueva que migraba por debajo del EB. Además, mediante HPLC se identificó la aparición de un nuevo pico de absorción en el cromatograma con un tiempo de retención ligeramente inferior al del EB (Fig. 8), el cual se purificó con varias invecciones usando 30% de acetonitrilo en agua como fase móvil. El producto aislado se sometió a análisis por HPLC utilizando un sistema de cromatografía líquida GILSON equipado con un detector de longitud de onda variable y una columna Kromasil C18 5 μ m (250x4.6 mm diámetro interno). The fase movil fué acetonitrilo:metanol:acetato amónico 0.065 M pH 6.7 (35:15:50, v/v). El flujo de la fase móvil fué de 1 ml/min y el análisis se desarrolló a 30°C. El análisis por HPLC acoplado a un espectrómetro de masas se realizó en un sistema cromatográfico Waters equipado con un espectrómetro Finnigan TSQ 7000 (con un rango de escala de masa de 0 a 750). El análisis HPLCespectrometría de masas mostró un metabolito

 $\mathbf{5}$

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

eluyendo a 30 min. El material presente en este pico mostró dos picos a 555 y 550 m/z para los iones sodio y amonio, respectivamente, así como un pico a 515 m/z para la forma H⁺ deshidratada (Fig. 9A). Un pico de fragmentación presente a 385 m/z puede ser interpretado como el eritronólido B deshidratado (ión H⁺). La diferencia de 130 en comparación con el pico de 515 puede ser explicada por un residuo de azúcar neutro que podría representar olivosa y en consecuencia el producto correspondería a L-olivosil -eritronólido B (Fig. 9B).

Incorporación de L-oleandrosa al eritronólido B por la cepa IAGS2 (<u>S. albus</u> + <u>oleGII</u> + pOLE)

Un segundo ejemplo lo constituye la incorporación de un derivado metilado de la L-olivosa, L-oleandrosa al anillo macrocíclico lactona de la eritromicin (eritronólido B). Se inoculan 25 ml de medio SCM conteniendo 25 μ g/ml thio con esporas de la cepa IAGS2 y se incuban a 30°C con agitación (300 r.p.m.). Tras 24 horas de incubación se separan 10 ml a otro matraz y se añaden 10 μ g/ml de EB, continuándose la incubación 4 días más (total, 5 días). Pasado este tiempo de incubación se toman 5 ml de cultivo y se extraen con un volúmen igual de acetato de etilo agitando, centrifugando y evaporando la fase orgánica. El sedimento se resuspende entonces en $10 \ \mu$ l de acetona de donde se utilizan las correspondientes alícuotas para su análisis por TLC y HPLC.

Para la TLC se utilizó como adsorbente gel de sílice sobre un soporte de aluminio (SDS, Francia), siendo la fase móvil utilizada una mezcla de diclorometano y metanol en proporción 9:1 v/v. Para el análisis por HPLC se usó una columna Symmetry C18 (Waters) con acetonitrilo y agua como solventes. La elución de las muestras se llevó a cabo con un gradiente desde 10% al 50% de acetonitrilo en 20 minutos seguidos de 10 minutos mantenidos en las condiciones finales. La tasa de flujo fue de 1 ml/min realizándose el monitoreo por la absorción a 201 nm.

Como resultado de este experimento (Fig. 10) se observó por TLC la aparición de una mancha nueva que migraba por delante del EB control. Además, mediante HPLC se identificó la aparición de un nuevo pico de absorción en el cromatograma con un tiempo de retención claramente superior al del EB (Fig. 11), el cual se purificó con sucesivas inyecciones usando un gradiente lineal del 25% al 50% en 30 minutos. El compuesto purificado se analizó mediante HPLCespectrometría de masas como se describió en el ejemplo 1. El análisis mostró un nuevo metabolito eluyendo a 26.36 min. El material presente en este pico mostró dos picos parentales a 569 y 564 m/z para los iones sodio y amonio, respectivamente, así como un pico a 529 m/z para la forma H^{+'} deshidratada (Fig. 12A). Ún pico de fragmentación presente a 385 m/z puede ser interpretado como el eritronólido B deshidratado (ión H^+). La diferencia de 144 en comparación con el pico de 529 puede ser explicada por la pérdida del azúcar neutro que podría representar oleandrosa y en consecuencia el producto correspondería a L-oleandrosil-eritronólido B (Fig. 12B).

12

Ejemplo 3

Incorporación de L-ramnosa a la 8-demetil-tetracenomicina C por la cepa LRR (<u>S. lividans</u> + cos16F4 + pRHAM)

Un tercer ejemplo consiste en la incorporación del azúcar L-ramnosa al anillo aromático de la eloramicina, 8-demethyl-tetracenomicina C. El cósmido l6F4 lleva como marca de selección la resistencia a apramicina y procede de una librería génica de *Streptomyces olivaceus* Tü2353. Contiene un inserto de 25 kb con genes de la ruta de biosíntesis de eloramicina (Fig. 15) que codifica la capacidad de sintetizar 8-demetil-tetracenomicina C (Fig. 15) en otras especies de Streptomyces (Decker et al., Gene 166:121-126, 1995). Este cósmido confiere además resistencia a tetracenomicina C y a eloramicina en S. lividans TK64. Dentro del inserto del cósmido se encuentra la glicosiltransferasa que transfiere L-ramnosa a su sustrato aglicón, 8-demetil-tetracenomicina C (Wohlert et al., J. Am. Chem. Soc. 120: 10596-10601, 1998). Sin embargo, el inserto carece de los genes necesarios para la biosíntesis de L-ramnosa. Por otra parte, S. lividans TK21 es una cepa que no produce policétidos conocidos al menos de forma espontánea (Hopwood et al., Genetic Manipulation of Streptomyces. A Laboratory Manual; The John Innes Foundation: Norwich, U.K., 1985). Cuando a esta cepa se le introdujo el cósmido 16F4, se comprobó que producía 8-demetil-tetracenomicina C (Decker et al., Gene 166:121-126, 1995; Wohlert et al., J. Am. Chem. Soc. 120: 10596-10601, 1998).

En este experimento se sembraron placas de medio R5 sólido (conteniendo 25 μ g/ml apramicina y 25 μ g/ml tioestreptona) con una suspensión de esporas de la cepa LRR y se incubaron durante 4-5 días a 30°C. Pasado el tiempo de incubación, se realiza una extracción orgánica del medio con acetato de etilo, para posteriormente evaporar la fase orgánica en una centrífuga de vacío y resuspender el residuo en 20 μ l de acetato de etilo. De ahí se tomaron alícuotas para su análisis por TLC y HPLC.

Para la TLC se utilizó como adsorbente gel de sílice sobre un soporte de aluminio (SDS, Francia), siendo la fase móvil utilizada una mezcla de diclorometano y metanol en proporción 9:1 v/v. Para el análisis por HPLC se usó una columna Symmetry C18 (Waters) con acetonitrilo y 0,1% trifluoro-acético en agua como solventes. La elución de las muestras se llevó a cabo con un gradiente desde 10% al 100% de acetonitrilo en 30 minutos. La tasa de flujo fue de 1 ml/min realizándose el monitoreo por la absorción a 280 nm.

En el análisis por TLC se observó la aparición de una mancha que se correspondía con la de eloramicina pura cargada en el gel como control (Fig. 13). En cuanto al análisis por HPLC, se detectó un pico claramente mayoritario cuyo tiempo de retención y espectro de absorción coincidían con el de la eloramicina utilizada como control (Fig. 14).

Déscripción de las figuras

Figura 1. Esquema del mapa genético de la ruta de biosíntesis de oleandomicina en *Streptomyces antibioticus*, mostrando las pautas abier-

10

15

20

25

30

tas de lectura correspondientes a los distintos genes y las regiones cromosómicas en los insertos presentes en los clones cosAB61, cosAB63 y cosAB35. Se indican las regiones correspondientes a los fragmentos *Sst*I de 7,6 Kb, *Sph*I-*Xmn*I de 4,1 Kb y *Bg*/I de 5,84 Kb. Las abreviaturas de la figura son convencionales para endonucleasas de restricción. B = *Bam*HI; S = *Sst*I, L = *Sal*I; H = *Sph*I; X = *Xmn*I; G = *Bg*/II.

Figura 2. Alineamientos entre las proteínas reivindicadas y distintas proteínas homólogas de otros organismos productores de antibióticos. A: OleW. B: OleV; C: OleL; D: OleS; E: OleE; F: OleU; G: OleN1; H: OleT.

Figura 3. A: Plásmido pOLV. B: Mapa de restricción del inserto en pOLV. Las abreviaturas de la figura son convencionales para endonucleasas de restricción. B, *Bam*HI; E, *Eco*RI; G, *Bg*/II; K, *Kpn*I; P, *Sph*I; S, *Sst*I; X, *Xmn*I.

Figura 4. A: Plásmido pOLE. B: Mapa de restricción del inserto en pOLE. Las abreviaturas de la figura son convencionales para endonucleasas de restricción. B, *Bam*HI; E, *Eco*RI; G, *Bg*/II; K, *Kpn*I; P, *Sph*I; S, *Sst*I; X, *Xmn*I.

Figura 5. A: Plásmido pRHAM. B- Mapa de restricción del inserto en pRHAM. Las abreviaturas de la figura son convencionales para endonucleasas de restricción. B, *Bam*HI; E, *Eco*RI, G, *Bg*/II; K, *Kpn*I; P, *Sph*I; X, *Xmn*I.

Figuras 6. A y B. Construcciones generadas como pasos intermedios en la creación de la cepa NAG2. Las abreviaturas de la figura son convencionales para endonucleasas de restricción.

Figura 7. Análisis por cromatografía en capa fina (TLC) de los productos de la biotransformación de eritronólido B en L-olivosil-eritronólido B. La flecha indica la movilidad del L-olivosil-eritronólido B. EB, eritronólido B. 5 y 6 corresponden a dos clones independientes. Los signos + y -indican que el clon IAGS1 se incubó en presencia y ausencia, respectivamente del EB.

Figura 8. Análisis por HPLC de los productos de la biotransformación de eritronólido B en L-olivosil-eritronólido B. EB, eritronólido B. a, nuevo compuesto glicosilado (L-olivosil-eritronólido B).

Figura 9. A: Análisis por HPLC-espectrometría de masas del nuevo compuesto glicosilado. B: Estructura del nuevo compuesto glicosilado (Lolivosil-eritronólido B).

Figura 10. Análisis por cromatografía en capa fina (TLC) de los productos de la biotransformación de eritronólido B en L-oleandrosil-eritronólido B. La flecha indica la movilidad del L-oleandrosil-eritronólido B. EB, eritronólido B. 1 y 2 corresponden a dos clones independientes. Los signos + y -- indican que el clon IAGS2 se incubó en presencia y ausencia, respectivamente del EB.

Figura 11. Análisis por HPLC de los productos de la biotransformación de eritronólido B en L-oleandrosil-eritronólido B. EB, eritronólido B. b, nuevo compuesto glicosilado (L-oleandrosil-eritronólido B).

Figura 12. A: Análisis por HPLC-espectrometría de masas del nuevo compuesto glicosilado. B: Estructura del nuevo compuesto glicosilado (Loleandrosil-eritronólido B).

Figura 13. Análisis por cromatografía en capa fina (TLC) de los productos extraídos de la cepa LRR.

Figura 14. Análisis por HPLC de los productos extraídos de la cepa LRR.

Figura 15. Estructura de la 8-demetil-tetracenomicina C y de la eloramicina.

40

45

50

55

60

65

10

15

20

REIVINDICACIONES

1. Un fragmento de ADN de 9.6 kb del cromosoma de *Streptomyces antibioticus* ATCC 11891 con la configuración de sitios de restricción que se muestra en la Figura 1.

 2. Un plásmido pOLV productor de L-olivosa caracterizado por portar el fragmento de ADN SstI de 7.6 kb en el vector plasmídico plAGO.
 3. Un plásmido pOLE, derivado de pOLV,

3. Un plásmido pOLE, derivado de pOLV, productor de L-oleandrosa **caracterizado** por portar, además del fragmento de ADN *Sst*I de 7,6 kb, el gen *ole Y* de la ruta de biosíntesis de oleandomicina bajo el control del promotor $ermE^*p$.

4. Un plásmido pRHAM productor de L-ramnosa **caracterizado** por portar el fragmento de ADN *SphI-XmnI* de 4.1 kb en el vector plasmídico pEM4 bajo el control del promotor $ermE^*p$.

5. La cepa de *Escherichia coli* que contiene el plásmido pOLV denominada EOLV.

6. La cepa de *Escherichia coli* que contiene el plásmido pOLE denominada EOLE.

7. La cepa de *Escherichia coli* que contiene el plásmido pRHAM denominada ERHAM.

8. Un plásmido pNAG2-3 productor de la glicosiltransferasa OleG2, que confiere a la cepa que lo porta la capacidad de glicosilar anillos macrocíclicos lactona y caracterizado por portar el fragmento de ADN *Hind*III-*Eco*RI de 1.72 kb con el gen *oleGII* bajo el control del promotor *ermE*p*, en el plásmido pKCE.
9. Una cepa de *Streptomyces albus*, denomi-

9. Una cepa de *Streptomyces albus*, denominada NAG2, portando el gen *oleGII* y capaz de glicosilar anillos macrocíclicos lactona.

10. Una cepa de *Streptomyces albus*, denominada IAGS1, obtenida al transformar la cepa NAG2 con el plásmido recombinante pOLV.

11. Una cepa de *Streptomyces albus*, denominada IAGS2, obtenida al transformar la cepa NAG2 con el plásmido recombinante pOLE.

12. Una cepa de S. albus, denominada LRS1, obtenida al transformar S. albus ($\cos 16F4$) con el plásmido pRHAM.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 165 278 B1



FIGURA 2A

LanT Oxidoreductase GraORF26 OleW RdmF consensus	1 MKTVRIGVIGCADIARRRMLPAMAAEPGITTAAVAMRDSARAGETAG 1 MAPLRIGIMGCASIAVRKVLPAMAASPRTEITAIASRNPGKAAETAH 1 MNAGHTETVRALRIGVAGCADIALRRMLPAFAASPHTEPTAVASRSSEKARAAAE 1 MPSPRLRFGVIGAADIALRRMLPAFAASPHTEPTAVASRSSEKARAAAE 1 MPSPRLRFGVIGAADIALRRMLPAFAASPHTEPTAVASRSSEKARAAAE 1 MPSPRLRFGVIGAADIALRRTVPALLAHPDVTVVAVSPRDTARAARFAA 1 MPSPRLRFGVIGTANIALRRTMPVLAAHDHVDLVAVA 1 MPSPRLRFGVIGTANIALRRTMPVLAAHDHVDLVAVA 1 MPSPRLRFGVIGTANIALRRTMPVLAAHDHVDLVAVA 1
LanT	48 REGARPVTGYAELLERDDIDAVYWPLPAALHARWTEAALRRGKEVLAEKPLTTSL
Oxidoreductase	48 AYGCRAVEGYSALLDIDEVEAVYIPLPNAAHAGWIELALTAGK VLAEKPLTTSV
GraORF26	56 TEGCAAVEGYDALLERRDYDAVYIPLPVAIHAPWTERALRAGK VLAEKPLTARA
OleW	50 AFGCEAVPGHQALLORDDIDAIYYPLPVMYHTPWVEAALLRGEHVLVEKPLTATR
RdmF	55 AFGCGCVGDYAALWERDDIDAIYYPLPPCMHHEWALRALRSGK VLVEKPMSDIY
consensus	56 afGc aV gy allerddidavyiPLP alha w e Alr GkEVLaEKPlt s
LanT	103 ABSRRLIALAQESGLALMENVMPIHHSQHDAVRKLVWDGVIGERAFHAAFAIPR
Oxidoreductase	103 SRTCELIAAAGAAGLVLMENVMFLHHSQHTAVRDRLAGGAIGELRAFHAAFAIPA
GraORF26	111 ADTARLIDLARERGLVLAENYIFVHHSAYTAVRDLVDAGAIGD RALSASFTIPP
OleW	105 SGAEDLIALARSRGLVLMENFTSLHHAQHGTVTDLLRDGTIGE RSLSAAFTIPP
RdmF	110 EKTLELMSTASELGLVLAENMFLHHSQHAAVRAML.DESVGEIRLFSGSPAMPP
consensus	111 t eLialA e GLVLMENYMFlHHSqh aVrdll dg iGelRafsaaFaiPp
LanT	158 LPDDDIRYVPELGGGALWDTGVYPVRAALHFLGDNLQVLGAMLTQEPGRRVDTAG
Oxidoreductase	158 RPAGDIRHRAELGGGALIDTGVYPVRAAMSFLGSEVDVVSAVLIRRHGRPVDSAG
GraORF26	166 RSADDIRYRADLDGGALLDTGVYPLRLASLLLGSELRVRGAVLHDTVRGVDLGG
OleW	160 KPEGDIRYQPDVGGGALLDTGTYPLRAALHFLGPDLHAAGAVLRPRRRNVVVSG
RdmF	164 LAPESFRYQPALGGGALLDVGVYPLRAAQLYLTGELDVHGACLRVDETTGADVAG
consensus	166 rp ddiRy pelgGGALLDIGVYPIRAAL fLg el vlgAvLrre r vdlaG
LanT	213 SALLRTPE.GVGVQLTFGLDHGYRSAYEIWGSQGRITVERAFTHPADHRPLIRVE
Oxidoreductase	213 QALLCTAD.GVSASATFGTDHAYRSGYELWGSEGRIVLDHAFTPPADHLPVVRJE
GraORF26	221 SALLGDFGTGVGAQUVFGMEHAYTAGWRLIGSEGSLTLDRAYSGPAGHRPVIRJE
OleW	215 HVLLTTPH.GVVAELAFGMEHAYRSEYTLFGTAGRIRLDRAFT PETHRPRVEJH
RdmF	219 SVLLSD.DRGVTAQLDFGFEHSYRSTYALWGNRGRVSVRRAFT PEQLKPVVRJE
consensus	221 saLL tpe GVsaql FGleHayrsay lwGs Gritldraft Pa hrPvvrje
LanT Oxidoreductase GraORF26 OleW RdmF consensus	267 RR.GVEETSLSPDDQVAATTRAFTAAVRDGAAR SVCV.RQAELL 267 RRSGVDETPLPPDDQVANTTTTAFAAAVRSGRLPINDDVARQAVLV 276 RPDGTEERILPAHDQATAAVAAFAEAVRRAGQGAGQDKGRSSG AAAVLRQAELV 269 RQDALDIVDLPPDAQFANLWRDFVLAVRESPGRLTQ HADAVRQADLV 273 QQDVVTERSLPEDNOVFNAMDAFVRAALTNTGPLT ISAHQRQALLL 276 r dgveei LppddQvan 1 aF Avr g v RQAELV
LanT Oxidoreductase GraORF26 OleW RdmF consensus	310 HELRERALPSRE 312 DDIRTKARLYVDHAPEPVG 331 DAVRQAAHLVKI

FIGURA 2B

DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	1 MIAQHARSVLARDGIGSGMDRFWAWYGDRSAQVVHRTE 1 MRRISAAATIVQIARSVLARDGICSGMDRFWAWYGDRSAQVVHRTE 1 MTKLSAHPAAPAIGAVPDPLRIAASARSAGVWLPRTTEVHHULHTVGQHARAQVE 1 MTKLSAHPAAPAIGAVPDPLRIAASARSAGVWLPRTTEVHHULHTVGQHARAQVE 1 MLSSLVRTGSGTGRLRPHHDPSVAERIAASAAAVTGASLRIEDFPQNLEGRRAHRFTVD 1 MIWGIPAMSERMGSVPTAGSEVS.SICARLSWLDARRRANRLTVE 1 MIWGIPAMSERMGSVPTAGSEVS.SICARLSWLDARRRANRLTVE 1 MGDRTGDRTIPESQTATRFLLGDGGIPHATAETHDWITRNGAEQRLEWA 1 h t 1
DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	39 RTPLDDLKGWSRHEVTGTVSHHTGRFFSIEGLDVHIPGAFVPRWSQPI/NQPE.VGILGF 47 RTPLDALKGWSRHEVTGTTSHHTGRFFSIEGLDVHIPGAFVPRWSQPI/NQPE.VGILGF 56 RVPLAELDGWLRDPATCNTAHRSGGFFTVEGLDVTIPRAFVPHWEQPIINQPE.VGILGT 61 RTPFDALDGWSFDDATCNTWHRSGRFFSVEGLHVTRDEGPHREWYQPIIKQPE.VGILGT 45 HVPFRELSGWQFDENTCNTRHTSGRFFSIEGLRVRTDHCWFGSWTQPIIRATGKIGTLGI. 26 RTPLHDLEGWYTDPASCDVRHRSGRFFSIEGLRVRTDHCWFGSWTQPIIRATGKIGTLGI. 51 RVPFSAMDRWSFQPEDGRUAHESGRFFSIEGLRVRTNFGWRRDWIQPI.VQPE.TGVLGV 51 RVPFSAMDRWSFQPEDGRUAHESGRFFSIEGLHVRTNFGWRRDWIQPI.VQPE.LGELGL 61 riPl dldgWs dp tG v HhsGrFFsiEGLhvh ap p WsQPII qpe vGiLGI
DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	 98 LVKERHGVLHCLVQAKEEPGNPGGLQLSPTVQATRSNYTRVHGGKAIPVLEHERDTAER. 106 LVKERGGILHCLVQAKEEPGNPGGLQLSPTVQATRSNYTRVHGGKTIPSWSTSATEPDR. 115 VVKEFDGVLHCLMQAKLEPGNCNGTQLSPTVQATRSNYTRVHRGRPVPYLEHEQDPARRS 120 LVKEFDGVLHFLMQAKMEPGNRNILQLSPTVQATRSNYTRVHRGGDVKVTEYETQP.GRG 105 LVKRFDGILHVLVQAKNEPGNIGGLQLSPTVQATRSNYTRVHRGGGVRVLEYEASPRGRG 85 LTKWFDGVPHLLMQAKMEPGNIGGLQLSPTVQATFSNYTRVHRGSVRVIDHFLTPGAGD 110 IVKEFDGVLHVLQAKAEPGNINTLQVSPTVQATFSNYTRVHRGSKVR31EYFNGTR.PS 121 IVKEFDGVLH LVQAK EPGN nglQISPTVQATRSNYTRVHRG Vkyle f p r
DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	157 QVVADVLQSEQGSWFYRKENRNMIVQVIDEVPLHEDFHWLTLGQLHRLIGVENLVNMDAR 165 QVVADVLQSEQGSWFYRKENRNMIVQVFDEVPLREDFHWLTLGQLHRLIGVENLVNMDAR 175 RILADVRQSEQGSWFHHKENRNMVVEVEBDIDVHDGFCWLSLGQLHELITVDNLINMDTR 179 RFIADVLQSEHGSWFFHKSNRMIVEAVGDVPLDDDFCWLTLGQIGQLHRDNVVMDSR 165 RVLADVLQSEQGSWFLHKENRNMVVEALDDVPLDDDFHWISLCGLRKLILRPHLVMMDTR 145 RVHYDALQSEQGSWFLGKENRNIVVETTGEIPVHEDFCWVPRPVWAELJRVDNLVMDSR 169 RTIVDVLQSEQGSWFLRKENRNMVVEVFDDIPEHPNFRWLTVAQLRAMHHDNVVMDLR 181 rvvaDvlQSeqGsWFrKENRNMVVev ddvplhedFWltlgqlh 1. vdnlvMMDtr
DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	217 TVLACLEFASEGAHPLADAEPAGADEPGG.GHPVVPARPDGGEG.RVDTGFHRSINTSCA 225 TVLACLPSRARERARWPTRSPPELTAPGASAHPVVPSLGPTAAGLRWTGFHHSINTSCA 235 TVLSCLP 239 TVLAC 225 TVLSCLPDPAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDDAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDDAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDDAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDDAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDDAPDGRQPPAPAPFA 225 TVLSCLPDTAPCHTAVERD 229 TVLACUPTAVERD 229 TVLACUPTAVERD 241 TVLaclp a a 241 TVLaclp
DnmT ORF3C5 SnoH LanS OleV GraORF27 EryBVI consensus	275 AAEGSLHSTVDIVSWIADLRSRTDVVT.RPA.ALNALPHWYERDG.ARAHESGRTLEVM 285 AAEGSLHSTVDIVSWIAT.CAAGPMW.SPARQANSLPHWIERDG.VVATRAGRTLEVM 268 PDGYSRHSLGDLLSWITDVRTRTE,VR.TEMVPLDGLRSWRRTDE.RISHEDGGAFDVI 250 .GADALLSDTELSWITDVRTRTE,VR.TEMVPLDGLRSWRRTDE.RISHEDGGAFDVI 258 RGATALHTMGEILGWLTDERSRSHDVRAERVPLHD.LPGWVRGTS.TIDHELGRYPRVV 258 RGATALHTMGEILGWLTDERSRSHLVQORVPLEETAFSGWRRDDH.AMAHKDGDYFRVI 265 GAGTPANNMNSLLSWISDVRARREPVQRGRPLPDIERSGWIRRDD.GEHBEKKYPDVF 301 ag lhs dllsWitd rsrhd v r v l gW r d i he gryfevm

ES 2 165 278 B1

DnmT	331	AVDVTAASREVPGWSQPMIEPKDQGVAAFLVRRIDGVLHVLAHARVEPCYVDVVETAPTV
ORF3C5	340	AVDVTAASREVPGWSQPMIEPKGRGVAAFLVRRIDGVLHALGTARVEPCYVDVVETAPTV
SnoH	324	GVRVRTRGREVAEWTQPMIEPHAKGVVAFLVRFIEGVLHVLVHARVEPCYVDIVELAPTV
LanS	305	AVSVEAGSREVTGWTQPIFEPLCLGVTAFLTRRIGGVPHVLVHARVECGFLDTVELGPTV
OleV	316	GVSVRASSREVSSWSQPHDAPVGPGJAAFVTRRIRGVLHVLHARTEAGILNGPEMAPTV
GraORF27	281	GVDVEADSREVTSWSQPMDAPVGRGVVAFVSKEIHGERHULVQARAEAGTFDAVELGPTV
EryBVI	323	GVTVATSDREVNSWMQPLLSPANNGLLALLVKDIGGTLHALVQURTEAGMDVAELAPTV
consensus	361	gV 🛩 a SREV WSQPMIEP g GV AflvrrI GvlHvLvharvEgGyvdvvElaPTV
DnmT	391	QCTPGSLHALPAEARPRFLDAVLEAPPERVRYATV.LAEEGGRFYHAVNTYMIVEA.DHD
ORF3C5	400	QCTPGSLHALPAGARPRFLDAVLEAPPEAACATTTDLAEEGGRFHHAVTYMIVEA.DDD
SnoH	384	QCTPDSYERLPARARPLFLDEVLPARADRVREDA.ELSEEGGRFYHARNRY.VAET.DLA
LanS	365	QYTPDNYGHLTGEDRPPFLDLVLDADPARIQYEAVH.SEEGGRFLNAESRYLLTEADEEQ
OleV	376	QCRPLNYRAVPAEYRPAYLDYVLSADPGRTRYDTLQ.SEEGGRFHHAEURYVVVEA.BDD
GraORF27	341	QCNPGNLPDCAPRPPYLDTVLTARPEQVLFDTVH.SEEGGRFYHAENRYLVLDG.DD
EryBVI	383	HCQPDNYADAPEEFRPAYVDYVLNVPRSQVRYDAWH.SEEGGRFYRNEWRYMLIEVPA.D
consensus	421	qctP ny lpae RP flD VL a pervrydtv sEEGGRFyhaevrYmivea ddd
DnmT	449	IP.DGG.EYRWUTLHQLVGURHSHYVNVQARTLVACLHSUSVG.SPVTRSAVPSAPPRR
ORF3C5	459	IP.DGG.EFRWUTLHQLVEULRHSHYVNVQARTLVACLHSUSVGHRPSTRSAVPSAPPRR
SnoH	442	AGFDHP.DFRWVTLAQLVEULRHSHYVNVQARTLVACLYGLATAPPRR
LanS	424	AFLDPPAGFOWVTPAQLTSURHGHYVNVQARTLUACLNATAVLSG
OleV	434	FPVEVPRDFRWUTLHQTLALLHHSNYVNVBARSLVACIQAUS*
GraORF27	396	VPVDVPEDYTWMTVRQLTRAGFIGNLVDVEARTLUACVRTLPDHGASR
EryBVI	441	FDASAAPDHRWMTFDQITYLLGHSHYVNTHVRSTLACASAVYTRTAG
consensus	481	p d p dfrwlTlhQlv llrhshyVnvqaRtlvACl gl

ES 2 165 278 B1

FIGURA2C

DnmU EryBVII OleL StrM consensus	1 1 1 1	MKARELAVQGAYTFEPEVFPDERGLFVSPFREDAFTAAVGHPLFPVRQAN MAGGBEFTPDPKQDRRGLFVSPLQDEAFVGAVGHR.FPVAQMN MELLDVDGAWLYTPEIMRDERGEFLEWFRGRTFQEKIGHPL.SLAQAN MRPLSVQGAWLSETRAFADDRGEFQELYSARSLRGALGYDP.GVAQVN v Gay D RG F vG v Q N
DnmU	51	HSRSRREVVREVHYTVTPPGSAKYVYCARGRSLDIVVDVRVGSPTYGRMD
EryBVII	43	HIVSARGVLRGLHFTTTPPGQCKYVYCARGRALDVJVDJRVGSPTFGK D
OleL	48	CSVSRKAFCAASTSPTPPPGQAKYVTCASGTVLDVVVDVRRGSPTFGRMA
StrM	48	RSVSRRCVLRCVHFAQLPPSQAKYVTCLSGAVLDVVVDIRTGSPTYRAWE
consensus	51	S rg g PP KYV C G LDivVDvR GSPTY W
DnmU	101	AVELEPREFRAVYFPVGVCHAFVALEDDTVMSYMLSGEYVQANELAVSUL
EryBVII	93	AVEMDTEHFRAVYFPRGTAHAFLALEDDTLMSYLVSTPYVAEYEQAID.F
OleL	98	AVRIDAARHQGLYLAEGLGHAFMALTDDATVVYLCSQPYVAEAERAVDPL
StrM	98	AVRLDDP.HRSLYVEACLGHSFMALTDDAVVVYLTSOGYAAGREHCVH
consensus	101	AV le VY G GH FVAL DD m Ym S Y E av
DnmU	151	DPALCIPVEGDIEPI.SGRDRAAPPLEQARAACTLPEYAACRAVESELW
EryBVII	143	DPALGLPWPADLEVV.LSDRDTVAVDLETARRRGMLPDYADCLGEE
OleL	148	DPAIGIEWPTDIDIVPVGEGTPTHRPWRRPRRPGILPDYEGVPGA
StrM	147	DPDIGIAWPDGIEPV.ISEKDRQAPGIAEMERRGLLPDYEECL.AFR
consensus	151	DP 1G1 P le 1 1 G LPeY
DnmU	200	PPAGSRGDG
EryBVII	188	PASTG <mark>R</mark>
OleL	195	RGGGRRGTGP*
StrM	192	RSLCERGTG
consensus	201	R

FIGURA 2D

MtmD	1	MKALVLSGGSGTRLRPITHTSPKQLVPVANKPVLFYALEDIAQAGITD/G
OleS	1	<u>WKALVL<mark>A</mark>GGSGTRLRP</u> ITHTSA <mark>KQLVA</mark> VANKPVLFYGLEAIAAAGITDVG
StrD	1	MKALVL <mark>AGGTGTRLRP</mark> ITHTSAKQLVPVANKPVLFYGLEAIRAAGIIDVG
DnmL	1	MKALVLSGGSGTRLRPFTHTSPKQLVPVANKPVLYYVLEDIAQASIITEVG
consensus	1	MKALVL GGSGTRLRP THTS KQLV VANKPVLFY LE I A I dVG
MtmD	51	IVVGETAREIEDAVGDGSKFGLQVITYLPQEKPLGLAHAVLIARDYLGD9D
OleS	51	LIVGDTAGEVPRAVGDGAKFGLDITYIEQSRPLGLAHAVLIAHTYLGDDD
StrD	51	IVVGDTADEIVAAVG <mark>DGS</mark> RFGLKVSYIPQSKPLGLAHCVLISRDFLGEUD
DnmL	51	IMVGETSNEIRKAVG <mark>SGDRFGLRVTYL</mark> PQEAPLGLAHAVLIARDYLGEED
consensus	51	ivVGeT Ei AVG G KFGL VtYl Q PLGLAH VLI r yLGddD
MtmD	101	FYMYLGDNFYVGGIAGLVDEFRAD.RPDARIILTPVPDPTAFGIAELDGE
OleS	101	FVMYLGDNFIVGGIDDLVRTFRDGRRPAARILLTHVSDPSGFGVAELDDD
StrD	101	FIMYLGDNFVVGVVEDSVREFRAA.RPDAHLMLTRVPEPRSFGVAELS.S
DnmL	101	FVMYLGDNFVVGGIAGNSSTFRAE.RPDAQILLTRVSDPSSFGVAEIGCD
consensus	101	FVMYLGDNFVVG I FR RP A ILLT V dP FGIAEL
MtmD	150	GRVVRLEEKPTHPKSDMAVIGVYLFTPLVHEAVRAIEPSWRGELEITHAI
OleS	151	GRVVGLEEKPRHPKSDLALVGVYFFTPAIHEAVRAIEPSWRGELEITHAI
StrD	150	G <mark>QVLG</mark> LEEKP <mark>A</mark> HPKSDLALVGVYLFSPALHEAVAATTPSWRGELEITDAV
DnmL	150	GRVVALEEKPRHPRSDLAVVGIYLFTPVVHEAVRALTPSRRGELEITDAL
consensus	151	G VV LEEKP HPKSDmAviGvY FtP VHEAV AI PS RGELEIT AI
MtmD	200	QWLIDNRHDVRSTVIHGYWKDTGNVMDMLEVNRTVLEGVEPCTEGPVDAE
OleS	201	QHLIIDNGADIQSMVIEGYWKDTGNVADMLEVNRTVLEDLEPRIEGTVDEH
StrD	200	QWLIIDAGRDVRSTVISGYWKDTGNVTDMLEVNRLVLETTEPRCDGLVDER
DnmL	200	QWLIDGPYDVRYTTISGYWKDTGNVADMLEVNRAVLDGIEPGMEGQADAA
consensus	201	Q LID DV I GYWKDTGNV DMLEVNR VLe EP eG D
MtmD	250	SEVIGRVRIEACARVSNSRIVGPAVICSGTVISGSYIGPYTSVSEGCREE
OleS	251	TVVIGRVVVGEGARWTNSRIMGPAIICAGPEISDSYIGPFTSVGDNCR T
StrD	250	SDLIGRVLVEEGAEVRNSRVMCPTVIGAGTRVTNSYVGPFTSLAEDCVVE
DnmL	250	SELVGRVRHEAGAQHRASRHVARRHRAGRVTDRTSALHVDRGDGSHE
consensus	251	s viGRV i GA v SRivg g S C i
MtmD	300	DSEIEFSIVLRDSRVRGVQRVRGSLIGRSVTVAPAPRKPAGTRLVLGD S
OleS	301	GSEMEFSIMLAESAITGVRRHEGSLIGRNVQVTQSLHAPNAHRFVLGD ^E S
StrD	300	DSEVEFSIVLRGASISGVRRIEASLIGRHVQVTSAPEVPHANRLVLGDHS
DnmL	297	TARSSLHHAGRLPA.HGTRRVQHSLLGRNVTVAPAPRVPAGSRLILGDDS
consensus	301	$\overline{\mathbf{G}} \overline{\mathbf{Rv}} \overline{\mathbf{SLigR}} \overline{\mathbf{V}} \overline{\mathbf{V}} \overline{\mathbf{P}} \overline{\mathbf{g}} \overline{\mathbf{R}} \overline{\mathbf{VLGD}} \overline{\mathbf{S}}$
MtmD	350	EGQ I S <mark>S</mark> .
OleS	351	KVE <mark>TQ</mark> S*
StrD	350	RAQUSS.
DnmL	346	RVEISS.
consensus	351	IS

FIGURA 2E

MtmE StrE OleE TylA2 consensus	1 1 1 1	MTTTSILVTGGAGFIGSHWVRTLLGPRGVPDVTVTVLDKLTYAGTTT .MTTHILVTGAAGFIGSOVVRTLLGPGGPPDVVVTALDALTYAGNPD MNLLVTGAAGFIGSRYVHHLLEATRRGREPAPVITVLDKLTYAGVIG MRVLVTGGAGFIGSHFTGQLLTGAYPDLGATRTV.VLDKLTYAGNPA iLVTGGAGFIGS y LL v LD LTYAG
MtmE	48	NLAEVSDSDRFRFVRGDICDAPLVDDLLAVHDQVVHFAAESHVDRSTLGA
StrE	47	NLAAVRGHPRYRFERGDICDAP.GRRVMAGQDQVVHLAAESHVDRSLLLA
OleE	48	NVPDDPAVTFVRGDIADAPLVDSLMAEADQVVHFAAETHVDRSTTSP
TylA2	47	NLEHVAGHPDLEFVRGDIADHGWWRRLMEGVGLVVHFAAESHVDRSIESS
consensus	51	N V F RGDID 11 VVH AAESHVDRSI
MtmE	98	ADFVRTNVIGTQTLLDAALRQGIETFVHISTDEVYGSIDAGSWPETAP S
StrE	96	SVFVRTNVHGTQTLLDAATRHGVASFVQVSTDEVYGSLEHGSWTEDEP R
OleE	95	GTFVRTNVLGTQVLLDAALRHGVGPFVHVSTDEVYGSIEHGSWPEHQP C
TylA2	97	EAFVRTNVEGTRVLLQAAVDAGVGRFVHISTDEVYGSIAEGSWPEDHP (A
consensus	101	FVRTNV GT LL AA GI FV ISTDEVYGSI GSW E PV
MtmE	148	PNSLYSAAKASSDLVALAYHRTHGLDVRVTRCSNNYGSHQFPEKVTPLV
StrE	146	PNSPYSASKASGDLJALAHHVSHGLDVRVTRCSNNYGPROFPEKLTPRIT
OleE	145	PNSPYSASKASSDLJALSYHRTHGLDVRVTRCSNNYGPHOFPEKIVPLV
TylA2	147	PNSPYAATKAASDLJALAYHRTYGLDVRVTRCSNNYGPROYPEKAVPLT
consensus	151	PNS Y A KA DLVAL H t GLDVRVTRCSNNYG hQfPEK iP
MtmE	198	TSLUDGREVPLYGDGTNVRDWLHVDDHVRATELVRTGGRAGEVYNIGGGT
StrE	196	TLLMDGHRVPLYGDGLNVREWLHVDDHVRGIEAVRTRGRAGRYYNIGGGA
OleE	195	TNLUDGLRVPLYGDGLNVREWLHVDDHCLGVDLVRTQGRPGEVYHIGGGT
TylA2	197	INLUDGLPVPLYGDGGNTREWLHVDDHCRGVALVGACGRPGVIYNIGGGT
consensus	201	TLIDG VPLYGDG N RdWLHVDDH ai V GR G VY IGGC
MtmE	248	ELSNKELTQLILDACGAGWDRVRYVTDRKGHDRRYSVDCTKIRRELGYPP
StrE	246	TLSNKELVGLILEAAGADWGSVEYVEDRKGHDRRYAVDSTRIQRELGF
OleE	245	ELTNRDLTGLILDAFGVGWDVVDPVADRKGHDRRYALDCAKAADELGYAP
TylA2	247	ELTNAELTDRILELCGADRSALRRVADRPGHDRRYSVDTTKIREELGYP
consensus	251	LSN eL 1Ld G v V DR GHDRRY vD k ELGYP
MtmE	298	AREFGDALAETVAWYRHHRAWWEPLTRAYGAVAA
StrE	296	AVDLADGLAATVAWYHKHRSWWEPLVPA.GSLPA
OleE	295	RRDFAEGIARTIDWYRDNRAWWEPLKKRPAGPAAPPRGSGP*
TylA2	297	RTGITEGLAGTVAWYRDNRAWWEPL
consensus	301	dala Tv WYr R WWEPL g

FIGURA 2F

OleU StrL DnmV EryBIV consensus	1 1 1 1	MRWLITGAAGMLGRELVRRLAENEEDVAALGHD MSPYPRPRWLVTGASGMLGRELTPLLDRRGAAVTALGRG MRVVVLGATGSVGRQVCAAYQAHGWDVHCVARRPAPHLSSC MNGISDSPRQLITLLGASGFVGSAVLRELRDHPVRLRAVSRGGAPAVPSG r li GASG lGr l l r v algr
OleU	34	HIDVTRPSAVRAALAEHRPGIVVNCAAYTAVDDAETDEAAA
StrL	40	HIDITDGAAVRSAVAEHRPAVVVNCAAWTAVDEAESEPADA
DnmV	42	GFTELDLAAAAPGRIATVLGDLPADVVVNAAGGWGDTEEEMT
EryBIV	51	AAEVEDLRADLLEPGRAAAAIEDADVIVHLVAHAAGGSTWRSATSDPEAE
consensus	51	L R A a ivv a A aetd
OleU	75	ALLNEAPRLIAEGLRPHREHGLVHLSTDYVF.EGDARTPYAEDHPTAWR
StrL	81	MAVNCEGPRHLAQACRA.VGAVLLQLSTDYVF.PGSCCRPYREDHPTGER
DnmV	84	YSHLRLVRRLVEALALLPFRPRLVHLGSVHEYGPVPAGTLLHEDLLPERV
EryBIV	101	RVNVGLMHDLVGALHDRERSTPPVLLYASTAQAANPSAA
consensus	101	a rila r lvlt vfp ag ed y
OleU	124	SAYGRTKRDGEQAVLTALP.TATVLRTAWLYGRTGRSFVFT
StrL	129	IVYCCTKRAGERAVLEVLPDTCYIVRTAWLYGAGGPNFVFK
DnmV	134	TPYARVKLETSSAVLTAARAGVLDAVVLRAANMSGPHPPQESF.LAALMA
EryBIV	140	SRYAQQKTEAERILRKATDEGRVRGVTLRLPAVYGQSGPSGPMGRGVVAA
consensus	151	s Yg K dge avl a a vlR a lyG gp v
OleU	164	MIEREARGGAIDVVADQRCQPTWTGDIADRIIAVGRHPGVHGIL A
StrL	170	MIRLEADEDTVLVVDDOHCQPTWTADLADRLAALGAAALAGTAPAGIYA
DnmV	183	RISTAFAHGGRLELSVADARRDFI.DVRDVAQAVVRA.GRAPAVGCLVVN
EryBIV	190	MIRRALAGEPLTWHDGGVRRDLL.HVEDVATAFAAALEHHDALAGGTWA
consensus	201	mI i vv d g w dl D Avg a avaGi a
OleU StrL DnmV EryBIV consensus	210 220 231 239 251	TNAGSATWYDLAQEVFRLLDADPGRVRPTTGAAFRRPAPRPAYSTNTGGTTWNALAPETFRLLCADPARVRPTTSLALARPAVRPRYIGRGDAVPIGDLVGWLLEAAAFPEDRVDRREAPVRSKGCDWTRLIGRADRSEPLGDIFRAWSGSWARQTGSPAVDVVTVPAPEHAEANDFRSDIggyvrgyvrgryrgryryryryryryryryyy <t< td=""></t<>
OleU	255	LGHDRWRGTGLAPLRDWRSALREAFPDILAAEHPPTRRGAA*
StrL	265	LDQSRWKAAGLEPLRHWRAALTESFPAUCGRACRPVPGPR
DnmV	277	GRARRLLSWAPRIGLRDSVHSMWRTAHGAPA
EryBIV	289	DSTEFRSRTGWRPRVSLTDGIDRTVAALTPTEEH
consensus	301	r g P R aL e i Aa p r

ES 2 165 278 B1

FIGURA 2G

EryCIV OleNI EryCI TylB DnrJ LmbS consensus	1 1 1 1 1	MKRALTDLAIFGGPEAFLHTLYVGRPTVGDRERFFARFEWAENNNWLTSG MKRGVHDLALFGGDAAFLQPLYMGRPNTGDRKRTLDREEWALDNRWLTIG MDVPFLDLQA.AYLELRSDIDOACRRVLGSGWYLFG MTGLPRPAVRVPFHDLRDVHAATGVESEFGGATLRVAARGRYLLG MSTYVWQYLNEYREERADILDAYETVFESGQLI.G MSDYIPFAAPCFDTAEEEAVLRVMRSGWVSTC 1 r l al vl gwl G
EryCIV OleNI EryCI TylB DnrJ LmbS consensus	51 51 36 36 36 33 51	CPLUREFEGRVADLAGURHCVATCNATVALOLVLRASDVSGEVVMPSM CPLUREFEGRIADLAGURNCVATCNATAGLOLLLREAEVTGEVIMPUM PE.NEAFEAEFAAYCENAHCVTVGSCCDALELSLVALGVGGGEVIVPSH AE.HAAFEERFAEYCCNAHCVTVGSCDDDALLALWALGVGEGDEVIVPSH TS.WRSFEEFAAMHCLPYCTGVDNGTNALVLGLRALGIGPGDEVIVPSN AE.AQSFEEFAAMHCLPYCTGVDNGTNALVLGLRALGIGPGDEVIVPSN AE.AQSFEEFAAMHCLPYCTGVDNGTNALVLGLRALGIGPGDEVIVPSM g v FE fA y gv hcvav at al l Lra gvg gdEVimps
EryCIV	99	TFAATAHAASWLGLEPVFCDVDPETGLLDPEHVASLVTPRTGAI
OleNI	99	TFVGTAHGVRWLGLRPVFCDIDPDTGCLDPKLVEAAVTPRTGAI
EryCI	85	TFUATWLGV.PVGAVPVPVEPEGVSHTLDPALVEQAITPRTAAI
TylB	95	TFUASWLAVSATGATPVPVEPGDPGEPGEGFCAFLDPDRLEAALTPRTRAV
DnrJ	85	TAAPTVVATDAVGATPVPVDVHEENYLMDTGRURSVIGPRTRCL
LmbS	82	TEVATATSVVHAGAAPVLADVGPSHLTFDPDQVKSLITERTKAV
consensus	101	Tfvat av 1Ga PV dv pe 1Dp v vtpRT ai
EryCIV	143	IGVHLWGRPAPVBALEKTAAEHQVKLFFDAAHALGCTACGRPVGAFGNEE
OleNI	143	LGVHLWGRPSRVDELAATAAEHGLKLFFDAAHALGCTACGRPVGAFGNEE
EryCI	128	LPVHLYGHPADLDALRATADRHGLALVEDVAQAVGARHRGHRVGAGSNEA
TylB	145	MPVHLYGHPVDLDPVGAFAEPHGLAVVEDAAQATARHRGHRVGRGSSG.H ² F
DnrJ	129	LPVHLYGQSVDMTPVLETAAEHDLKVLEDGAQAHGARRHGRLVGTQGHA
LmbS	126	VPVHLFGRMAAMEPLRBLCDSHGLTLLEDAAHTUPARDGDAVAGRAGDAS
consensus	151	ipVHLWGrp vel ia HgllveDaA algar rgr vG g 2
EryCIV	193	VFSEHATKAVTSF.EGGALVTDDGLUADRTRAMHNEGUAPDK.
OleNI	193	VFSEHATKVVNSF.EGGALVTDDDTRAERLRALHNEGUGHDG
EryCI	178	AFSFMPGKNLGALGDGGAVVTTDPALAERTRLLRNYGSKQ
TylB	193	AFSFMPGKNLGALGDGGAVVTSDPELADRURLLRNYGARE
DnrJ	179	AFSFMPTKVLGAYGDGGAVVTPDAEVDRURLRLRYGMGE
LmbS	176	AFSFMTTT.AEGGMUCTDDARVADEARWSLHGUSRGAVNRYRPIH
consensus	201	aFSFYTKV geGGalVTD ladrir lhnfGi
EryCIV	234	UVTDVGTNGKNSECAAAMGLTSLDAFAETRVHNRLNHALYSDEL &
OleNI	234	VGAGINAKWSBAAAAMGLTSLEAFADAVASNRANYELYRQELSG
EryCI	218	.K.YHHEVRGTNARIDBUQAAVLRVKURHLDDWNARRTTLAQHYQTEL&D
TylB	233	.K.YRHEERGTNSRIDBUQAAVLSVKUPYLDAWNTRRELAARYGEALAG
DnrJ	219	.RYYMVDTPGHNSRIDBUQAETLRRKURRLDAYVEGRRAVARRYEEGLGD
LmbS	225	SAAYDVDRPGHKYNMSDLAAAIGRAQLAKAGRLHARRTAIAEVYLREL: 3
consensus	251	yl e G n km el Aam L hrr la Y eL
EryCIV	280	WRCHSWHAFDPCEQNNYQYYIISVDSAATGIDRDQLQAI REEKWVAQPY
OleNI	278	LPCYRLIDYDPAERNNYHYYIALIDAGVTGLHRDLLLTLLRAENVVAQ?Y
EryCI	266	YPCITLEETHPWAD.SAWHUEVRCENRDHLQRHLTDAGVQTLHH
TylB	281	LPCYTYDEGRV.AE.PVWHQYVIRSPYRDRLRRLAEAGVETLH
DnrJ	268	LDCYVLFTIAECND.HVYYVVVRHPERDRILEALTBYDTHLN'S
LmbS	275	LDRNEDEAADTATNRSSWYLFPVRVHGHRRDAFRQRLHALGVGTSH
consensus	301	1 gi lp g wyvfil r RD l L a v

EryCIV	330	SPGCHQMQPWRTE PPLRLENTEQLSDRVLALPTGPAVSSED RR.C
OleNI	328	FSPGCHQREPYRTEHPVSLPHTEHLAEQVIALPTGPAVSREDURRVC
EryCI	310	YPTPVHLSPAYADLGL.PPGSFPVAESLAGEVLSLPIGPHLSREAADHVI
TylB	324	YPVAVHASGAYAGAGPCPAGGLPRAERLAGEVLSLPJGPHLPDEAVEVVI
DnrJ	312	YPWPVHTMSGFAHLG.YGPGDLPVTERLAGEIFSLPMYPSLRPDAQEKVI
LmbS	322	FE.PLHRFTWLRDHVVRTGQGFPVADAAADTLVSLPVFPAMDDAAVSRVV
consensus	351	f vH y p lp e la vlsLPigP v eai rVi
EryCIV	377	DI RLAATSGELINAQWDQRTRNGS*
OleNI	375	DI <mark>IR</mark> V <mark>AA</mark> AHGPRITAQAGA*
EryCI	359	
TylB	374	AAVQSAALDSWEEGP
DnrJ	361	DAVREVVGSL
LmbS	371	AAVRAHDEAGR
	211	

FIGURA 2H

DesII EryCV OleT consensus	1 1 1	MTAPALSATAPAERCAHEGADLGAAVHAVGQT AAGGLVPPDEAGT A MNTTRTATAQEAGVADAARPDVDRRAVVRALSSEWSRVTGAGDGOADV VALQVDRTPLDPIAVCAWPGGN.SAAAAALRPLHEEDAPGTGLPPDRJA APAAvl eA
DesII	49	RHUVRLAVRYGNSPFTPLEEARHDLGVDRDAFRRLLALFGQV.PELRTXV
EryCV	51	ARLADLAAHYGAHPFTPLEQTRARLGLDRAEFAHLLDLFGRI.PDLGTAV
OleT	49	EHLIALARRYGTEPFTALESARRGLGLGPRHLRPASSPSSTAHPHCATAV
consensus	51	hL LA TYG PFT LE R LGV P TAV
DesII	98	ETGPAGAYWKNTILPLEQRGVFDAALARKPVFPYSVGLYPGPTCMFRCHF
EryCV	100	EHGPAGKYWSNTIKPLDAAGALDAAVYRKPAFPYSVGLYPGPTCMFRCHF
OleT	99	ERGPAGMYWTNTILPLERRGVLDAAVRGEPAFPYSVGLYPGPSCMFRCHF
consensus	101	E GPAG YW NTI PLE G DAAI P FPYSVGLYPGPtCMFRC%F
DesII	148	CVRVTGARYDPSAIDAGNAMFRSVIDETPAGNPSAMYFSGGLEPLTNPGL
EryCV	150	CVRVTGARYEAASYPAGNETLAAIIDEVPTDNPKAMYMSGGLEPLTNPGL
OleT	149	CVRVTGARYQQSALTDGNAMFASLIDRMPTDNPHAIYLSGGLEPLTNPG
consensus	151	CVRVTGARY I GN VID IP NP AMY SGGLEPLTNPG
DesII	198	GSLAAHATDHGLRPTWYTNSFALTERTLERQPGLWGLHAHRTSLYGLNDE
EryCV	200	GELVSHAAGRGFDLTVYTNAFALTEQTUNRQPGLWELGAIRTSLYGLNND
OleT	199	GDLVRRAAARGFKLSTYTNSFALTRQTLDRQPGLWDLYAHRTSLYGLSED
consensus	201	G L HA HG EVYTN FALT TL RQPGLW L AIRTSLYGL S
DesII	248	EYEQTTGKKAAFRRVRENLRRFQQLRAERESPINLGFAYIVLPGRASRFL
EryCV	250	EYETTTGKRGAFERVKKNLQGFLRMRAERDAPIRLGFNHLILPGRADRIT
OleT	249	DYVATTTKKGAFORVKDNLTRFQALRRERRPVRLGLNYITLPGRAGRIT
consensus	251	eY TT KKAAF RVY NL F IR ER PI LG IvLPGRA R.
DesII	298	DUVDELADLINDAGQGRTIDFYNIREDYSGRDDGKLPQEERAELQEALNAF
EryCV	300	DUVDDLAELNESSPQRPUDFYTVREDYSGRDDGRLSDSERNELREGUV3F
OleT	299	GUADMIGDLNDGGPDRPVDFTTLREDYSGRPDGKLAPEERVELEHGLAAF
consensus	301	L DFIAdLNd R IDFV IREDYSGR DGKL - ER EL AL F
DesII	348	EERVRERTECHHNDYGYALNSLRTCADAELLRIKFATMRPTAHPQVAVGY
EryCV	350	VDYAAERTECHHNDLGYALESLRRGVDAELLRIRPETMRPTAHPQVAVGI
OleT	349	EERIRTRAPSIHVDYATPSRACAWASTPELPRIRPETMRPTAHPQVAVGV
consensus	351	e R P lhid g g EL RIKP TMRPTAHPQVAVQv
DesII	398	DLLGDVYLYREAGFEDLDGATRYFAGRVTPDT.SLTEVVRDFVERGGENA
EryCV	400	DLLGDVYLYREAGFEBLEGATRYFAGRVTPST.SLREVVENFVLENEGQ
OleT	399	DLLGDVYLYREAGFEASRGAERYVGRPADHRARNWRRSVRRFVTEGRQNA
consensus	401	DLLGDVYLYREAGFE GARYfa V FV V
DesII	447	AVDGDEYFMDGFDQVVTARLNQUERDAADGWEBARGFLR
EryCV	449	PRPGDEYFUDGFDQSVTARLNQUERDIADGWEDHRGFLRGR
OleT	449	PRPGEEYFUDGFDQTVTARLNQMETDIADGWAEHRGFLR*.
consensus	451	GGEYFmDGFDQ VTARLNQIE D ADGW e RGFLR











A

[Xmnl-Smal].Sstl.EcoRI.BstBl.HindIII.Pstl.Mlul.Sall.Aatll.Ndel.BamHI.EcoRV.Notl.Xbal.BamHI.Smal.Kpnl.Sstl.EcoRI









Figura 6**B**







Α



Β







Α 4.2E+05 529,4 100 CID-OFFSET :15 volts 80 569.4 60 385.2 40 349,2 20 806 311.1 511<u>.7</u> 701.8 462.5 239<u>.3</u> 0 700 300 500 400 003 200

В









Eloramicina A



(1) ES 2 165 278

 $\textcircled{21} \text{ N.}^{\circ} \text{ solicitud: } 009901435$

- 22 Fecha de presentación de la solicitud: **24.06.1999**
- (32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) Int. Cl.⁷: C12N 15/52, 1/21, C12P 19/62

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría		Reivindicaciones afectadas					
х	WO 9905283 A (HOECHST M página 10, línea 32 - página 12 línea 17 - página 16, línea 12; e reivindicaciones 18-25	1-12					
Y	Todo el documento.						
Y	WO 9723630 A (ABBOTT LA	BORATORIES) 03.07.1997, todo el documento.	1-12				
Х	QUIROS, L.M. et al. "Two glycosyltransferases and a glycosidase are involved in oleandomycin modification during its biosynthesis by Streptomyces antibioticus", MOLECULAR MICROBIOLOGY, 1998, Vol. 28, N° 6, páginas 1177-1185. Todo el documento.						
х	YOO, JIN-CHEOL et al. "Expr dTDP-Glucose 4,6-Dehydratase antibioticus Tü99 and biochem protein", J. MICROBIOL. BIO ⁻ páginas 206-212. Todo el docu	1-7					
Х	OLANO, C. et al. "Analysis of chromosomal region involved in encodes two glycosyltransferase of the macrolactone ring", MO páginas 299-308. Todo el docu	8,9					
Cate	goría de los documentos citad	los	<u> </u>				
X: de Y: de m A: re	 X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud 						
El pr ×	El presente informe ha sido realizado × para todas las reivindicaciones para las reivindicaciones						
Fecha d	Página 1/1						