



# Síntesis de Vitaminas en el Rumen

## Ruminal Vitamin Synthesis

**Autores:** Catalina Guasch M.  
Pamela Guerra Z.  
Alejandra Guerrero M.  
Valesca Hernández G.

Facultad de Ciencias Veterinaria y Pecuarias, Universidad de Chile

## **Síntesis de Vitaminas en el Rumen**

### **Ruminal Vitamin Synthesis**

#### **ABSTRACT**

Ruminants are animals that have the capacity to use some elements that non-ruminant animals cannot.

This faculty is given by the symbiosis that exists between the animal and the ruminal microorganisms, in which the animal provides the optimum conditions for microorganisms to generate different products, where we can find hydrosoluble as liposoluble vitamins which are necessary for the ruminant and for some of the microorganisms.

Among the synthesized vitamins by ruminal bacterias we can emphasize in the synthesis of vitamin B12 and vitamin K.

This synthesis is obtained by means of the use of different substrates, product generation, absorption ways and its relationship with varied methabolical pathways. It can be affected by the presence or absence of factors producing pathologies and consequent productive alterations in animals.

**Key words:** vitamin synthesis, ruminants, vitamin B12, vitamin K, ruminal microorganisms

#### **INTRODUCCIÓN**

En el ecosistema ruminal se lleva a cabo la fermentación del alimento que es ingerido por el animal. El rumen no es un órgano glandular y no secreta enzimas digestivas. Por lo tanto, la actividad digestiva depende de las enzimas producidas por las bacterias, protozoos y hongos ruminales.

Dentro de la variada síntesis por parte de los microorganismos ruminales, éstos tienen la capacidad de sintetizar todas las vitaminas hidrosolubles, incluyendo las 8 vitaminas del complejo B y la Vitamina K (liposoluble), supliéndolas al animal y a otros microorganismos ruminales.

Las vitaminas encontradas en el alimento o entregadas como suplemento son usadas por los microorganismos, transformadas por ellos mismos o pueden ser utilizadas y/o absorbidas por el animal.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **Síntesis de Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios para el crecimiento normal y mantenimiento de la vida de los animales. (Church, 1974).

Se pueden clasificar según su solubilidad en liposolubles e hidrosolubles. Las vitaminas liposolubles son: A, D, E y K. En su estructura participan C, H y O. Las vitaminas hidrosolubles son: C y las del complejo B: tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ác. pantoténico, ác. lipoico, biotina, ác. fólico, inositol, ác. paraaminobenzoico, vitamina B12 y colina. En su estructura participan C, H y O, y además: N, S o Co, salvo excepciones. (Church, 1974).

En relación a la síntesis de vitaminas son más importantes las especies bacterianas que las protozoarias (Grudsky, *et al.*, 1983).

De las vitaminas liposolubles, solo la vitamina K es sintetizada en el rumen, a excepción de animales jóvenes o condiciones anormales (Church, 1974).

De las vitaminas hidrosolubles, se sabe que las del complejo B se requieren como cofactores en sistemas enzimáticos de las principales vías metabólicas de los animales (Church, 1974).

Las vitaminas del complejo B (tiamina, niacina, ác. pantoténico, riboflavina, ác. fólico y B6 y B12), se sintetizan mediante fermentación microbiana en el tracto digestivo, en particular de rumiantes y herbívoros no rumiantes (conejo y caballo), desde las ocho semanas de edad (Grudsky, *et al.*, 1983).

Cuando el animal es lactante es el aporte de la leche lo que le asegura la provisión de dichas vitaminas (Church, 1974).

### Vitamina B12

Dentro de la síntesis de vitaminas por parte de los microorganismos ruminales encontramos la síntesis de vitamina B12 o cianocobalamina.

La vitamina B12 es hidrosoluble, es la molécula más larga de las vitaminas del complejo B y tiene la estructura más compleja. Puede ser sintetizada solo por bacterias y se requiere para su síntesis, un átomo de cobalto (Co) para formar una molécula de la vitamina B12. (Christensen, 1998)

Por lo tanto, una deficiencia de Co en la dieta resulta en una deficiencia en vitamina B12, ya que la bacteria no puede sintetizarla. (Christensen, 1998)

Dentro de las variadas funciones de la vitamina B12 encontramos su acción en el metabolismo de las grasas, carbohidratos y proteínas, tiene un rol muy importante ayudando en la producción de glóbulos rojos y en conjunto con el ácido fólico trabaja en la síntesis del aminoácido metionina. (Christensen, 1998)

Existe además una relación simbiótica entre microorganismos ruminales que sintetizan vitamina B12 del cobalto inorgánico y entre aquellos que requieren la vitamina como factor de crecimiento y/o como coenzima en la producción de propionato. (Tiffany, *et al.*, 2006)

La compleja estructura de la vitamina B12 se refleja en la vía de síntesis que involucra más de 30 enzimas mediadoras (Frank, *et al.*, 2005).

Esta vitamina al ser un tetrapirrol modificado, proviene del uroporfirinógeno III que es transformado en precorrina-2, que se oxida a factor II y finalmente es quelado con Co. El factor II del Co es metilado en la posición C-20, transformándose en factor III del Co. El factor III del Co es luego transformado a factor IV del Co. Describiéndose también una transformación de precorrina-3 a precorrina-4 (Frank, *et al.*, 2005). (Anexo 1)

Este factor IV del cobalto y precorrina-4 pasarán a ácido cobirnico que se transformará finalmente a vitamina B12 (cianocobalamina) (Frank, *et al.*, 2005).

### Vitamina K

Concepto utilizado para definir a un grupo de quinonas, compuestos liposolubles con participación en la síntesis de factores de coagulación del plasma: factor III, factor VII, factor IX y factor X (Buchanan-Smith *et al.*, 2000).

Las principales fuentes naturales de esta vitamina son filoquinonas y menaquinonas. Las filoquinonas (vitamina K1) se encuentra en pastos y forrajes verdes. Las menaquinonas (vitamina K2) son producidas por la flora bacteriana, siendo la fuente más importante para los rumiantes (Buchanan-Smith *et al.*, 2000).

La bacteria *Escherichia coli* del intestino grueso sintetiza vitamina K<sub>2</sub>, mediante el siguiente mecanismo: sus precursores son “quinato” y “eritrosa 4-fosfato”. Ambos se transforman, gracias a la participación de numerosas enzimas, en “shikimate”, que luego se transformará a “isochorismate”, gracias a la participación de otras enzimas. Lo anterior ocurre en la “vía del shikimate” (ANON, 2009). (Anexo 2)

Luego, el compuesto “isochorismate” formado será quien comience la biosíntesis de Vitamina K. A partir de distintos procesos, isochorismate concluirá en la formación de menaquinona o vitamina K<sub>2</sub> (NC-IUBMB, 2009). (Anexo 3)

La bacteria anteriormente mencionada sintetiza la vitamina K<sub>2</sub>, debido a que la utilizará para obtener energía celular. Esto ocurre teniendo como precursor a la vitamina K<sub>2</sub>, se producen reacciones de transferencia de electrones, en que, en algunas de estas reacciones se generará ATP, similar a la respiración aeróbica celular (ANON, 2009).

### **Factores metabólicos que afectan la síntesis de vitaminas**

La mayoría de las deficiencias de vitaminas son evidenciadas en animales jóvenes, cuando aún no está desarrollado su aparato ruminal, ya que en estado adulto, como se mencionó con anterioridad, éstas vitaminas son sintetizadas por los microorganismos en el aparato digestivo del rumiante (Radostits, *et al.*, 2002).

#### **Deficiencia de Vitamina K**

No es probable observar deficiencia primaria de esta vitamina en condiciones naturales, dada la gran riqueza de sustancias con actividad vitamínica K en la mayor parte de los vegetales, y dada la importante síntesis de estos productos por la actividad microbiana en el aparato digestivo (Radostits, *et al.*, 2002).

La alteración de la pared intestinal provoca una deficiente absorción de vitamina K, por lo que tratamientos prolongados con antibióticos por vía oral pueden alterar la flora intestinal productora de ésta, redundando ello en una deficiencia que puede ser causa de coagulopatías (Radostits, *et al.*, 2002).

También la deficiencia puede ser provocada por el uso de compuestos llamados "antivitamina K" entre los que se encuentran, principalmente, una amplia variedad de rodenticidas. La sulfaquinoxalina, un coccidiostático utilizado en el ganado, es un potente antagonista de la vitamina K (Radostits, *et al.*, 2002).

La indicación terapéutica más importante de la vitamina K en los animales domésticos es la intoxicación por trébol dulce, caracterizada por acumulación de cantidades tóxicas de cumarina que disminuyen gravemente los niveles de protrombina de la sangre y dificultan el mecanismo de coagulación (Radostits, *et al.*, 2002).

#### Deficiencia de Vitamina B12: hipocianocobalaminosis

Se produce cuando en la dieta hay deficiencia de cobalto. Aunque se produce síntesis microbiana de la vitamina B12 en el rumen en presencia de cantidades adecuadas de cobalto, lo más probable es que sea un nutriente esencial en rumiantes jóvenes. Las proteínas animales constituyen una fuente importante de esta vitamina. En animales jóvenes se evidencian síndromes con signos de anorexia, supresión del crecimiento y debilidad muscular. (Radostits, *et al.*, 2002).

#### Absorción de vitaminas en rumiantes

Durante mucho tiempo se dudó de que existiese absorción de nutrientes en los preestómagos debido al tipo de epitelio, y su no similitud al de las mucosas involucradas en absorción. Al observarse el epitelio no se parecía a otros epitelios pluriestratificados cornificados como el de la piel, sino que poseía una estratificación con pocas células, que no impedían el flujo de agua. (Lewis, 1970)

El tamaño y longitud de las papilas ruminales responden a concentraciones de AGV, ya que a mayor concentración, aumenta la absorción de nutrientes. (Church, 1974)

La mayor parte del proceso de absorción de nutrientes en el digestivo rumiante tiene lugar en duodeno, yeyuno e ileon, aunque no se debe descartar la existencia de absorción en abomaso, intestino grueso y especialmente en rumen. (Church, 1974)

Se describen varias formas de absorción de los nutrientes, entre ellas:

- **Difusión**, paso de las moléculas a través de la membrana sin gasto de energía; en preestómagos y mayormente intestino; este es el caso de moléculas como el agua y las vitaminas hidrosolubles (excepciones son las vitaminas B2, B12 y colina); minerales y vitaminas liposolubles. (Mora, 2002)

- **Transporte activo**, involucra el paso a través de la membrana en contra de un gradiente de concentración involucrando en ello gasto energético; se describen dentro de este mecanismo la absorción de aminoácidos, la vitamina B12 y la colina. La

vitamina B12, requiere de la formación de una proteína llamada **factor extrínseco** en el estómago y duodeno, este factor se une a la vitamina para su absorción.(Mora, 2002)

### Relaciones metabólicas de la síntesis de vitaminas

Existen factores que pueden afectar la síntesis; podemos citar el efecto del nitrógeno dietario sobre la síntesis de vitaminas. (Lewis,1970)

El consumo de raciones altas en urea, aumentan el contenido de riboflavina, vitamina B12 y ácido nicotínico en rumen. (Church, 1974)

Se sabe que el uso de raciones ricas en almidón generan mayor producción de riboflavina, niacina y B12, respecto de raciones altas en fibra. (Church, 1974)

Otra relación con minerales está descrita por el antagonismo que puede desencadenar el incremento de fuentes de sulfuro en la ración (superior al 0,4%). Este compuesto promueve la síntesis de enzimas degradadoras de tiamina (tiaminasas) cuya acción en gran magnitud puede conducir a cuadros clínicos nerviosos como la ceguera cortical por polioencefalomalacia y producir la muerte. (Pedraza, *et al.* 2004)

### RESUMEN

Los rumiantes son animales que poseen la capacidad de aprovechar algunos elementos que animales monogástricos no poseen.

Esta facultad está dada por la simbiosis que existe entre el animal y los microorganismos ruminales, en donde el animal les provee de condiciones óptimas para que así, por su parte, los microorganismos generen variados productos, en los que podemos encontrar vitaminas tanto hidrosolubles como liposolubles necesarias para el rumiante y para algunos de los microorganismos.

Dentro de las vitaminas sintetizadas por bacterias presentes en el rumen podemos destacar la síntesis de vitamina B12 y de vitamina K.

Esta síntesis se logra mediante la utilización de diferentes sustratos, generación de productos, vías de absorción y su relación con variadas vías metabólicas. Se puede ver afectada por la presencia o ausencia de factores provocando patologías y consecuentes alteraciones productivas en los animales.

**Palabras claves:** Síntesis de vitaminas, rumiantes, vitamina B12, vitamina K, microorganismos ruminales.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**-BUCHANAN-SMITH, P; BERGER, L; FERRELL, C; FOX, D; GALYEAN, M; HUTCHENSON, D; KLOPFENSTEIN, T; SPEARS, J.** 2000. Nutrient requirements of beef cattle. [en línea]

<[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9791&page=78](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9791&page=78)> [consulta 19-05-2009]

**-CHRISTENSEN, K.** 1998 Daily Goat Journal. B Vitamins & Ruminants [en línea] < [http://www.dairygoatjournal.com/issues/85/85-4/Karin\\_Christensen.html](http://www.dairygoatjournal.com/issues/85/85-4/Karin_Christensen.html)> [consulta: 15-05-2009]

**-CHURCH, D. C.;** 1974. Fisiología digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Vol. 1; Cap. 9: 153-157; Cap.15: 282-287.

**-FRANK, S.; BRINDLEY, A.A.; DEERY, E.; HEATHCOTE, P.; LAWRENCE, A.D.; LEECH, H.K.; PICKERSGILL, R.W.; WARREN, M.J.** 2005 Anaerobic synthesis of vitamin B12: characterization of the early steps in the pathway. Biochemical Society Transactions. School of Biological Sciences, Queen Mary, University of London, England. (33) (Pt 4) :811-814

**-GRUDSKY, P; ARIAS, J.** 1983. Aspectos generales de la microbiología del rumen. [en línea]

<[http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon\\_vet\\_seccion/0,1419,SCID%253D7627%2526ISID%253D410,00.html](http://www.monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D7627%2526ISID%253D410,00.html)> [consulta: 15-05-2009]

**-LEWIS, D.;** 1970. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Cap. 7 y 19.

**-MORA, I.;** 2002. Nutrición Animal, [En línea]

[http://books.google.cl/books?id=\\_K5VL2Z5aQwC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=absorcion+de+vitaminas+en+rumiante&source=bl&ots=Lh7ItTBMzn&sig=nubE3hEDJZbH8p0Lgn-Dx3odiSQ&hl=es&ei=9HYRSrndKtaJtge6hu38Bw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10#PPA56,M1](http://books.google.cl/books?id=_K5VL2Z5aQwC&pg=PA7&lpg=PA7&dq=absorcion+de+vitaminas+en+rumiante&source=bl&ots=Lh7ItTBMzn&sig=nubE3hEDJZbH8p0Lgn-Dx3odiSQ&hl=es&ei=9HYRSrndKtaJtge6hu38Bw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10#PPA56,M1) [consulta 13-05-09]

**-NOMENCLATURE COMMITTEE OF THE INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY (NC-IUBMB),** 2009. Vitamin K Biosynthesis. [en línea]

<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/reaction/misc/vitaminK.html>> [consulta 02-06-2009]

-**PEDRAZA, F.; ALESSI, A.** 2004. Encefalitis bovina por herpesvirus bovino tipo 5 (HVB-5). Una revisión. [En línea] [http://rccp.udea.edu.co/v\\_anteriores/17-2/pdf/17-2-5.pdf](http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/17-2/pdf/17-2-5.pdf) [consulta: 13-05-2009]

-**RADOSTITS, O. GAY, C. BLOOD, D. HINCHCLIFF, K.** 2002 Medicina veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Mc Graw Hill novena edición. Madrid, España Vol. II. pp1841-1855

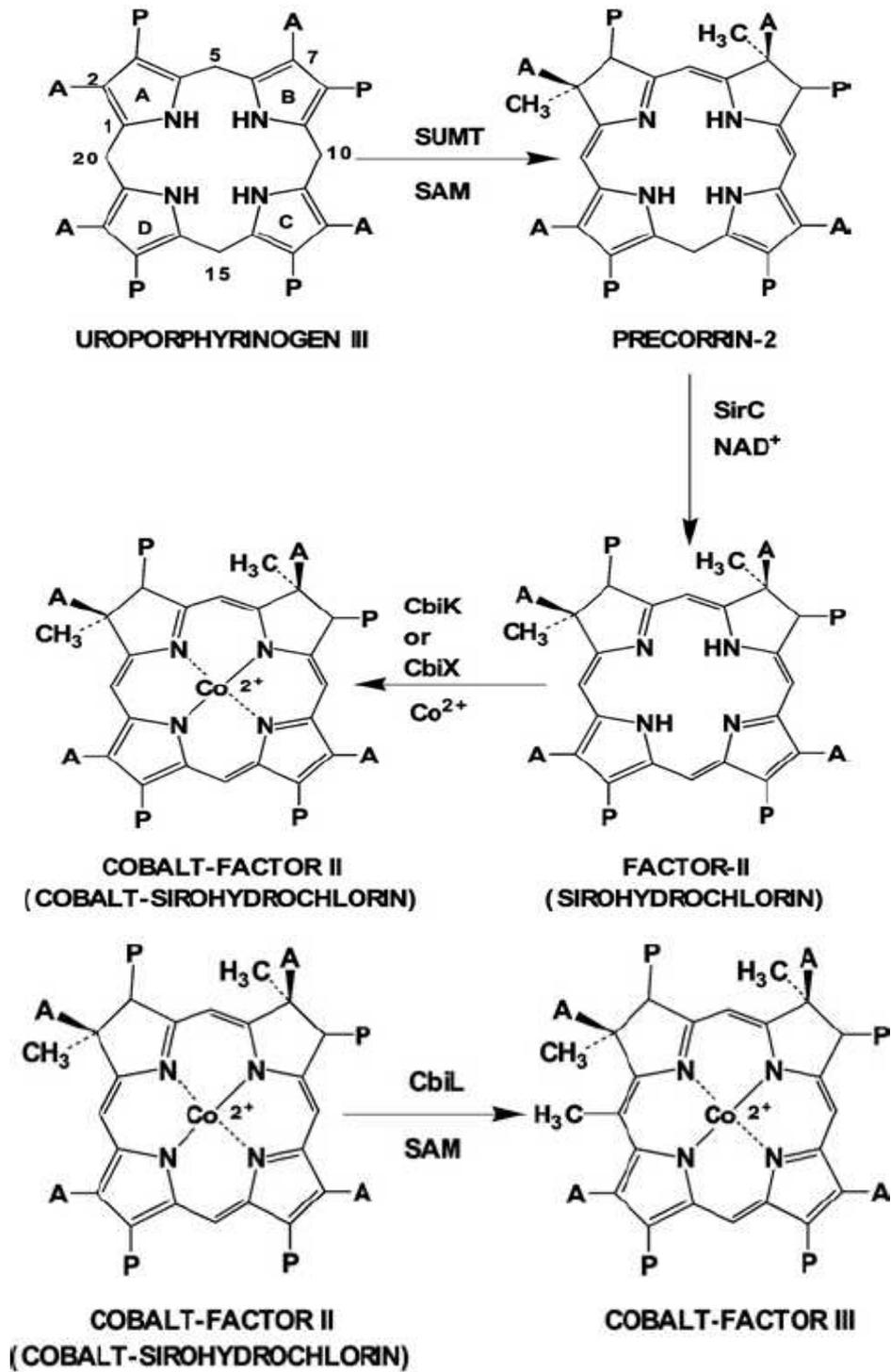
-**TIFFANY, M.E.; FELLNER, V.; SPEARS, W..** 2006 Influence of cobalt concentration on vitamin B12 production and fermentation of mixed ruminal microorganisms grown in continuous culture flow-through fermentors. [en línea]

< <http://jas.fass.org/cgi/reprint/84/3/635> > [consulta: 15-05-2009]

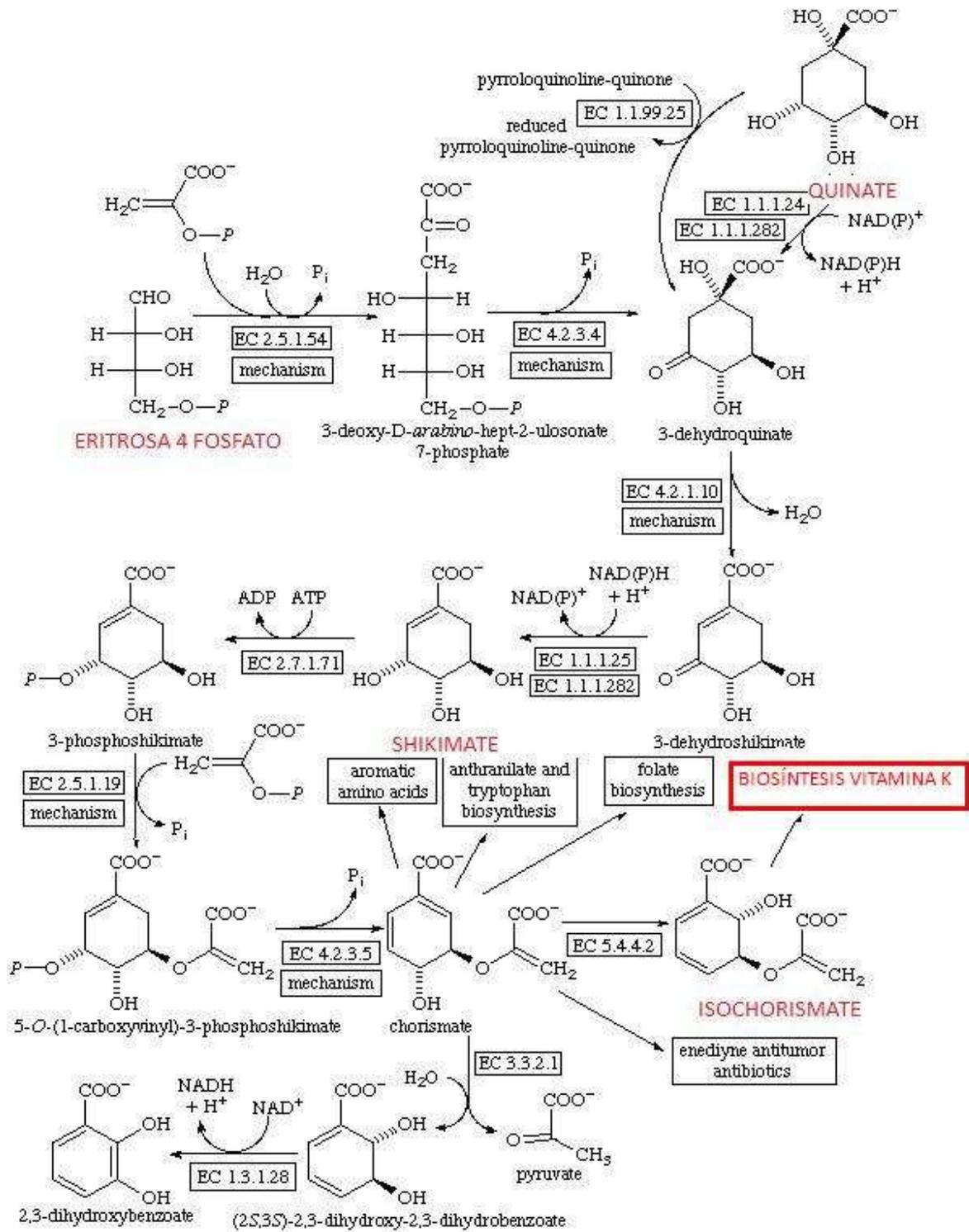
-**ANON**, 2009a. Chorismic acid. [en línea] <<http://en.wikipedia.org/wiki/Chorismate>> [consulta 02-06-2009]

-**ANON**, 2009b. Vitamina K. [en línea] <[http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina\\_K](http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina_K)> [consulta 19-05-2009]

## ANEXO 1



**ANEXO 2:**



**ANEXO 3:**

