

# Modelo de contaminación cruzada por *Escherichia coli* verocitotoxigénica durante la elaboración de hamburguesas caseras y evaluación cuantitativa de riesgos

M. L. SIGNORINI<sup>1\*</sup>, L. S. FRIZZO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta 34 km 227, (2300) Rafaela, <sup>2</sup>Departamento de Salud Pública Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805, (3080) Esperanza, Pcia. de Santa Fe, Argentina.

\*Correspondencia: E-mail: marcelo.signorini@gmail.com

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue generar un modelo probabilístico para evaluar cuantitativamente el riesgo de contaminación cruzada de *E. coli* verocitotoxigénica (VTEC) durante el proceso de elaboración de hamburguesas caseras y su impacto en la salud pública. El modelo tuvo en cuenta un grupo de prácticas culinarias corrientes y a cada una de ellas se le asignó la probabilidad asociada de transferencia de VTEC entre los alimentos y los utensilios de cocina. Las distribuciones de probabilidad que mejor describieron cada paso del proceso fueron incorporadas en el programa @Risk<sup>®</sup> y se realizaron las simulaciones empleando el análisis Monte Carlo. La manipulación de alimentos crudos (en este caso, la carne picada) antes de la preparación de alimentos que no demandan cocción (como las guarniciones de vegetales frescos que suelen acompañarlas) (Odds ratio, OR = 6,57), así como el hábito del lavado de manos (OR = 12,02) y de las tablas que se utilizan durante la elaboración de estos platos (OR = 5,02), fueron los principales factores de riesgo de contaminación cruzada del patógeno entre la carne y las verduras. La información aportada por este modelo debería considerarse durante el diseño de estrategias de comunicación del riesgo del síndrome urémico hemolítico para acentuar la importancia que estos factores pueden tener en la transmisión de la enfermedad.

**Palabras clave:** Contaminación cruzada, evaluación cuantitativa de riesgos, hamburguesas, *E. coli*, síndrome urémico hemolítico.

## ABSTRACT

**Quantitative risk model for verocytotoxigenic *Escherichia coli* cross-contamination during hamburger preparation.** The objective of this study was to develop a quantitative risk model for verocytotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC) cross-contamination during hamburger preparation at home. Published scientific information about the disease was considered for the elaboration of the model, which included a number of routines performed during food preparation in kitchens. The associated probabilities of bacterial transference between food items and kitchen utensils which best described each stage of the process were incorporated into the model by using @Risk<sup>®</sup> software. Handling raw meat before preparing ready-to-eat foods (Odds ratio, OR, 6.57), as well as hand (OR = 12.02) and cutting board (OR = 5.02) washing habits were the major risk factors of VTEC cross-contamination from meat to vegetables. The information provided by this model should be considered when designing public information campaigns on hemolytic uremic syndrome risk directed to food handlers, in order to stress the importance of the above mentioned factors in disease transmission.

**Key words:** Cross-contamination, quantitative risk assessment, hamburger, *E. coli*, hemolytic uremic syndrome

## INTRODUCCIÓN

*Escherichia coli* verocitotoxigénica (VTEC) y en particular el serogrupo O157:H7 es una importante causa de diarrea en seres humanos, que puede derivar en graves secuelas como el síndrome urémico hemolítico (SUH). En Argentina, la tasa de incidencia del SUH en menores de 5 años (13,9 por 100.000 individuos) es 10 veces superior a la notificada en los países industrializados, con

una letalidad del 2 al 5% (7). Adicionalmente, es la primera causa de insuficiencia renal aguda y la segunda de insuficiencia renal crónica en niños. El 30% de los niños y adolescentes que reciben trasplante renal han padecido SUH (7).

VTEC está presente en las heces y los intestinos de animales sanos y puede contaminar la carne durante el proceso de sacrificio y faenado de bovinos (6, 11, 12). Dentro de los alimentos implicados en la transmisión de

esta enfermedad se destaca la carne bovina insuficientemente cocida; en particular, la hamburguesa es un producto asociado a los brotes de SUH (6). Recientemente, los vegetales crudos han sido responsables de la aparición de este tipo de brotes, lo cual puede deberse a la contaminación de éstos con aguas de riego contaminadas o a la diseminación del patógeno durante la preparación de los alimentos en los hogares, por contaminación cruzada hacia otros productos listos para su consumo (14). En los Estados Unidos de Norteamérica, el porcentaje de brotes de SUH que estuvieron ligados al consumo de alimentos no cárnicos fue del 12,5% en el año 1994 y del 21% en 1996. Los vegetales contaminados como resultado de la contaminación cruzada fueron algunos de los vehículos más frecuentemente asociados a la transmisión del agente (21).

A partir de una encuesta realizada en hogares del centro de la provincia de Santa Fe (4, 13) se comprobó que alrededor de la mitad de las hamburguesas consumidas son elaboradas en ellos inmediatamente antes de su consumo. Esto incrementaría la probabilidad de contaminación cruzada entre la carne, los utensilios de cocina y otros alimentos que no requieren cocción y que suelen acompañar a las hamburguesas a modo de guarnición.

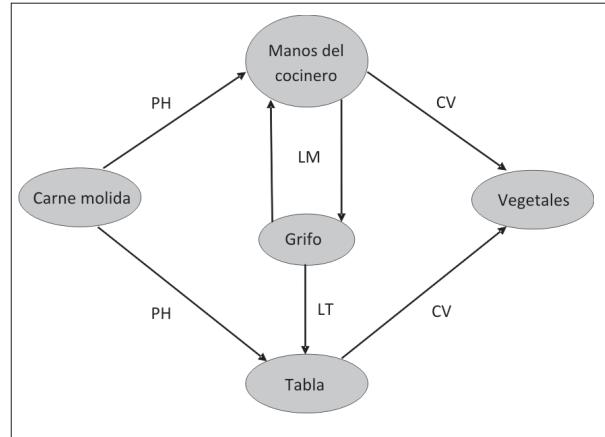
Dada la alta incidencia de SUH, la carencia de un tratamiento específico y la alta morbilidad, la prevención primaria de las infecciones por VTEC es fundamental para disminuir su impacto sanitario (14). Las estrategias de control de los riesgos de infección por VTEC se pueden aplicar en diferentes etapas de la cadena alimentaria y su efectividad dependerá del conocimiento que se tenga sobre el impacto que cada etapa posee sobre la probabilidad de aparición de la infección.

El objetivo del presente trabajo fue generar un modelo probabilístico que describa la dinámica de contaminación cruzada de VTEC entre la carne empleada en la elaboración casera de hamburguesas, los vegetales que las acompañan habitualmente como guarnición y los utensilios que intervienen durante la preparación, a fin de evaluar cuantitativamente el riesgo de transmisión de la enfermedad y su impacto en la salud pública.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Componentes del modelo

El proceso de elaboración de hamburguesas en los hogares fue modelado estocásticamente bajo la premisa de que las hamburguesas a menudo se sirven acompañadas por vegetales frescos (lechuga y tomate). Durante la preparación de los alimentos se emplean una serie de objetos que pueden contaminarse con VTEC; además, ciertas prácticas culinarias contribuyen a la contaminación cruzada. Por simplicidad, sólo se consideró un número pequeño de objetos y rutinas que en conjunto reflejan la realidad de la preparación del alimento (Figura 1). Los objetos considerados fueron la carne molida para la preparación de las hamburguesas, las manos de quien prepara la comida (de aquí en más, el "operador"), los vegetales como acompañamiento de



**Figura 1.** Modelo conceptual. Objetos y acciones que intervienen durante la preparación de las hamburguesas caseras y el acondicionamiento de los vegetales que serán utilizados como guarnición. Preparación de la hamburguesa (PH), corte de los vegetales (CV), lavado de manos (LM) y lavado de la tabla (LT).

las hamburguesas, la tabla para cortar los alimentos y el grifo del agua. Las acciones consideradas fueron: preparación de la hamburguesa (PH), corte de los vegetales (CV), lavado de manos (LM) y lavado de la tabla (LT).

Para la construcción del modelo se recurrió a información científica publicada sobre las tasas de transferencia de microorganismos entre los diferentes elementos. La información sobre prevalencia y concentración de VTEC en la carne picada fue obtenida a partir de una evaluación cuantitativa de riesgos de VTEC por consumo de hamburguesas realizada en Argentina (18), mientras que los hábitos de consumo hogareños fueron obtenidos a partir de una encuesta realizada durante los meses de junio y julio de 2008 en hogares del centro de la provincia de Santa Fe, Argentina (13). Las distribuciones de probabilidad que mejor describieron cada etapa del proceso (Tabla 1) fueron incorporadas en el programa @Risk® versión 4.5 (Palisade, New York), y se realizaron las iteraciones correspondientes empleando la técnica de simulación Monte Carlo para generar las variables de resultado (ej. probabilidad de adquirir SUH). La técnica de Monte Carlo selecciona repetidamente valores al azar a partir de las distribuciones de probabilidad que caracterizan a las variables de entrada del modelo y genera múltiples escenarios del problema. Con los resultados obtenidos se estimó la probabilidad de infección por VTEC asociada al consumo de vegetales contaminados, producto de la contaminación cruzada durante la elaboración casera de hamburguesas y se identificaron las variables más importantes que impactan en dicho evento.

### Supuestos técnicos del modelo

Los modelos de simulación con frecuencia necesitan introducir supuestos subjetivos, que pueden tener un impacto sobre los resultados de la evaluación de riesgos. Consecuentemente, estos supuestos deben ser tenidos en cuenta en el momento de analizar los resultados. El presente modelo introdujo los siguientes supuestos técnicos:

a) Aunque el grupo de VTEC es muy amplio y está compuesto por cepas patógenas y no patógenas con características bioquímicas diferentes, se consideró que el grupo en su totalidad presenta similares propiedades de adhesión a las superficies.

b) Los diferentes estados del ciclo de crecimiento bacteriano no fueron incluidos en el modelo y, considerando que el tiempo entre la preparación del alimento hasta su consumo es muy corto, tampoco se modelaron los procesos de crecimiento o inactivación de VTEC.

**Tabla 1.** Distribuciones de probabilidad contempladas en el modelo de riesgos de contaminación cruzada por VTEC.

Variable	Descripción	Unidad	Distribución/Modelo
$P_h$	Prevalencia de VTEC en carne molida		Beta General (0,29931, 0,12735, 0,000043062, 1) <sup>(18)</sup>
$C_h$	Concentración de VTEC en carne molida	$\log_{10}$ UFC/g	10 Triangular (-3,26,-2,75,2,67) <sup>(18)</sup>
$Peso_h$	Peso de las hamburguesas	g	Pert (60,83,105) <sup>(12)</sup>
$N_h$	Número de hamburguesas consumidas por persona		Discreta ( $\{0,5;1;2;3;4\}$ , $\{2;7;27;7;1\}$ ) <sup>(13)</sup>
$N_{total}$	Número de VTEC en carne molida		Poisson ( $C_h \times Peso_h \times N_h$ )
$PH_{ae}$	Probabilidad de preparar las hamburguesas antes que las verduras		Binomial (1,Uniforme (0,1))
$P_{lm}$	Probabilidad de que los cocineros se laven las manos		Binomial (1,Triangular (0, 0,5, 1))
$P_{lt}$	Probabilidad de que laven la tabla		Binomial (1,Triangular (0, 0,5, 1))
$R_{lm}$	Reducción de la contaminación por lavado de manos	%	Exponencial (3,2396, Shift (-0,10699)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{h-m}$	Transferencia de VTEC de carne molida a manos del cocinero	%	Log normal (7,7933, 7,864, Shift (0,091172)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{m-g}$	Transferencia de VTEC de las manos del cocinero al grifo	%	Log normal (0,67538, 3,3581, Shift(0,0014066)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{g-m}$	Transferencia de VTEC del grifo a las manos del cocinero	%	Exponencial (5,1095, Shift (0,04793)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{m-v}$	Transferencia de VTEC de las manos del cocinero a las verduras	%	Log normal(5,2679, 5,823, Shift (-0,37878)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{h-t}$	Transferencia de VTEC de la carne molida a la tabla	%	Log normal (12,7, 7,0087, Shift (0,54332)) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$T_{t-v}$	Transferencia de VTEC de la tabla a las verduras	%	Log logistic (-0,42502, 11,002, 3,8223) <sup>(1, 3, 8)</sup>
$D$	Dosis ingerida de VTEC con las verduras	UFC	
$P_{enf}$	Modelo Beta-Poisson		$1-[1+D/\beta]^{-\alpha}$ <sup>(20)</sup>
$\hat{\alpha}$	Parámetro alfa-Poisson		0,0571 <sup>(20)</sup>
$\hat{\beta}$	Parámetro Beta-Poisson		2,2183 <sup>(20)</sup>
$P_{SUH enf}$	Probabilidad de adquirir SUH dado que enfermó		Uniforme (0,03,0,09) <sup>(10)</sup>
$P_{mort SUH}$	Probabilidad de morir posterior a SUH		Uniforme (0,022,0,048) <sup>(15)</sup>
$P_{SUH}$	Probabilidad de adquirir SUH		$P_{SUH enf} \times P_{enf}$
$P_{mort}$	Mortalidad		$P_{mort SUH} \times P_{SUH}$

c) Este modelo consideró que la única fuente de VTEC era la carne molida, de modo que el riesgo de infección se asumió dependiente únicamente de la transferencia de bacterias desde la carne a través de las manos del operador, de la tabla empleada para la preparación del alimento y del grifo de agua hacia los vegetales. No se consideró la posible contaminación previa de los vegetales por el uso de aguas de riego contaminadas.

d) No se tomó en consideración la contaminación que pudiera ocurrir por transmisión interhumana por transferencia del patógeno entre distintos operadores por deficiente lavado de las manos.

e) Los cuchillos no fueron considerados como fuentes de contaminación, ya que el modelo se centró en la contaminación a partir de la preparación de hamburguesas, en cuya preparación no interviene el cuchillo. Este utensilio sólo se emplea para cortar las verduras, y se descartó la posibilidad de su contacto previo con la hamburguesa o con su materia prima.

### Desarrollo del modelo

Las variables empleadas en la construcción del modelo, las distribuciones de probabilidad empleadas para su simulación y las fuentes de la información utilizada se presentan en la Tabla 1. La prevalencia de carne molida contaminada con VTEC ( $P_h$ ) y la concentración inicial del patógeno ( $C_h$ ) surgieron de una evaluación cuantitativa de riesgos de VTEC en hamburguesas en Argentina (18).

El peso de las hamburguesas ( $Peso_h$ ) y el número de hamburguesas consumidas por persona ( $N_h$ ) fueron obtenidos a partir de una encuesta sobre hábitos de consumo realizada en hogares del centro de la provincia de Santa Fe (13).

Las probabilidades de que las hamburguesas se preparen antes que las verduras ( $PH_{ae}$ ) y de que los operadores se laven las manos ( $P_{lm}$ ) y laven la tabla donde prepararon las hamburguesas ( $P_{lt}$ ) fueron modeladas siguiendo una distribución binomial con una incertidumbre arbitraria, dada la falta de información al respecto publicada en revistas científicas.

Para el cálculo de las tasas de transferencia del patógeno se emplearon los estudios publicados por Lubber *et al.* (3), Montville y Schaffner (8) y Chen *et al.* (1). Si bien el primer estudio está basado en la transferencia de *Campylobacter* y los dos restantes utilizaron como modelo microbiano a *Enterobacter aerogenes*, se consideró que VTEC presenta el mismo comportamiento en cuanto a su adherencia a las diferentes matrices y, por ende, las mismas tasas de transferencia.

La dosis ingerida (D) de VTEC a partir de los vegetales que acompañan una comida de hamburguesas fue obtenida a partir del número de patógenos presentes en la carne molida y considerando las diferentes tasas de transferencia entre los objetos involucrados (manos del operador, tabla para preparar alimentos y grifo) en el modelo de riesgos.

Para incorporar la probabilidad de enfermar ( $P_{\text{enf}}$ ) en función de la dosis ingerida del patógeno se empleó una distribución Beta-Poisson publicada por Strachan *et al.* (20), quienes utilizaron datos sobre un brote de *E. coli* O157 e información científica publicada, asumiendo ausencia de un nivel umbral para enfermar. Asimismo, se asumió que toda la población tenía la misma vulnerabilidad para enfermar luego de la ingestión de VTEC. No obstante, es sabido que los niños de menos de 5 años y los adultos mayores poseen una probabilidad de sufrir secuelas graves como SUH y mortalidad mayor que el resto de la población.

La probabilidad de sufrir secuelas como SUH o mortalidad fue asumida como una fracción de la probabilidad de enfermar. Noris y Remuzzi (10) estimaron que la probabilidad de sufrir SUH ( $P_{\text{SUH|enf}}$ ) es de 3% a 9% (10), y Rivas informó una mortalidad por SUH ( $P_{\text{mort|SUH}}$ ) de 2,2% a 4,8% para el período 1995 a 2004, a partir de información proveniente del Sistema de Vigilancia Epidemiológico Argentino (15), en ambos casos para la población de menores de 5 años.

### Análisis de sensibilidad

Para determinar el impacto que tienen las variables de entrada del modelo sobre las variables de resultado (ej. probabilidad de adquirir SUH), se realizó un análisis de sensibilidad por medio del cual se determinó el grado de asociación entre dichas variables empleando la correlación de Pearson. La probabilidad de adquirir una infección por VTEC se consideró "sensible" a una determinada variable del modelo de riesgos cuando el coeficiente de correlación entre estos parámetros fue elevado.

A las variables que presentaron mayor coeficiente de correlación con el riesgo de adquirir una infección con el patógeno se les realizó un análisis de sensibilidad avanzado. Este consistió en realizar 5000 iteraciones del modelo manteniendo fijo el valor correspondiente a los percentiles 1%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95% y 99% (7 simulaciones con 5000 iteraciones cada una, en total 35 000 iteraciones) de cada variable de interés, dejando variar libremente el resto de las variables que componen el modelo. Los valores extremos de probabilidad de adquirir la infección por el patógeno (riesgo de infección habiendo fijado el valor de la variable de entrada en los percentiles 1% y 99%) fueron utilizados para calcular el *Odds ratio* (OR) para las diferentes variables estudiadas (ej. probabilidad de adquirir SUH si ningún operador se lava las manos / probabilidad de adquirir SUH si todos los operadores se lavan las manos).

Tanto el análisis de sensibilidad básico como el análisis de sensibilidad avanzado fueron realizados con el programa @Risk® versión 4.5 (Palisade, New York).

## RESULTADOS

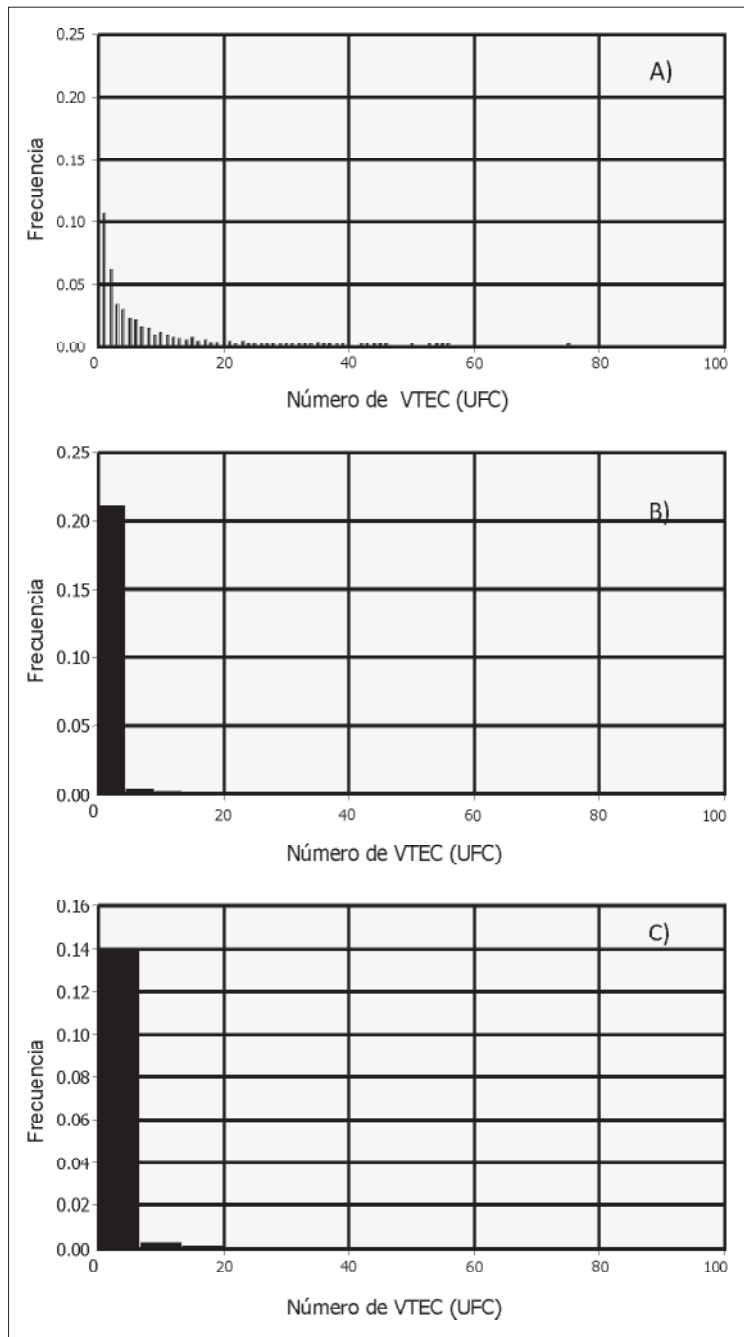
La Figura 2 muestra las distribuciones de probabilidad del número de VTEC (UFC) en la carne molida (A), en las manos del operador (B) y en las verduras luego de la preparación de las hamburguesas (C). La probabili-

dad de que dichos objetos presenten al menos una célula de VTEC fue de 68,52%, 12,22% y 13,02%, respectivamente. Como se puede observar, el número promedio de patógenos teóricamente presentes en las manos de los operadores (2,7 UFC) y en la verdura (4,5 UFC) es menor que el presente en la carne molida (920 UFC), la cual fue considerada como la fuente desde donde se disemina al resto de los objetos.

La Figura 3 muestra la distribución acumulada de la probabilidad de sufrir una infección por VTEC, de adquirir SUH y de morir por SUH luego de una comida de hamburguesas caseras. Esta distribución resulta de graficar la probabilidad de cada uno de los eventos, por comida, como resultado de cada una de las 5000 iteraciones que se realizaron al modelo. La probabilidad de adquirir la infección por consumo de vegetales en una comida de hamburguesas fue de  $1,25 \times 10^{-4}$  (IC95%  $1,2 \times 10^{-8} - 0,11$ ); la probabilidad condicional de padecer SUH luego de haber sido infectado por VTEC fue de  $7,07 \times 10^{-6}$  (IC95%  $6,6 \times 10^{-10} - 6,76 \times 10^{-3}$ ) y la probabilidad de morir a consecuencia de SUH fue de  $2,45 \times 10^{-7}$  (IC95%  $2,45 \times 10^{-11} - 5,49 \times 10^{-4}$ ). Es decir que por cada 10 millones de porciones de hamburguesas caseras con vegetales que se consuman se generarían 1250 infecciones por VTEC, de las cuales 70 evolucionarían a SUH y esto sería la causa de muerte de 2 a 3 personas.

Se encontró una correlación significativa entre 3 de las variables de entrada del modelo y el riesgo de adquirir SUH tras la infección por VTEC. El lavado de manos del operador luego de manipular la carne molida ( $r = 0,314$ ), la elaboración de hamburguesas antes que la preparación de los vegetales ( $r = 0,207$ ) y el lavado de la tabla luego de elaborar las hamburguesas ( $r = 0,181$ ) fueron aquellas variables que arrojaron mayores valores absolutos en el análisis de correlación. Por otra parte, se encontró una baja correlación entre la probabilidad de presentación del SUH y la posible transferencia del patógeno entre el grifo de agua y las manos del operador ( $r = 0,019$ ) (Figura 4).

Los valores de probabilidad de adquirir SUH de los extremos de las curvas de la Figura 5 (correspondientes a los percentiles 1% y 99%) fueron utilizados para calcular el OR para las variables que presentaron mayor correlación. Así, el OR de adquirir SUH fue 12,02 veces mayor en caso que los operadores no se laven las manos; 6,57 veces mayor cuando se preparan las hamburguesas (a partir de carne molida cruda) antes que los vegetales que las acompañan y 5,02 veces mayor si no se lava la tabla donde se procesa la carne molida, mientras que fue 6,57 veces menor por el hecho de preparar las hamburguesas (a partir de carne molida cruda) luego que los vegetales que las acompañan. De esta manera, el riesgo de adquirir SUH se ve sustancialmente modificado cuando estas 3 variables se incorporan en el modelo (Figura 5) y pueden considerarse los principales fac-

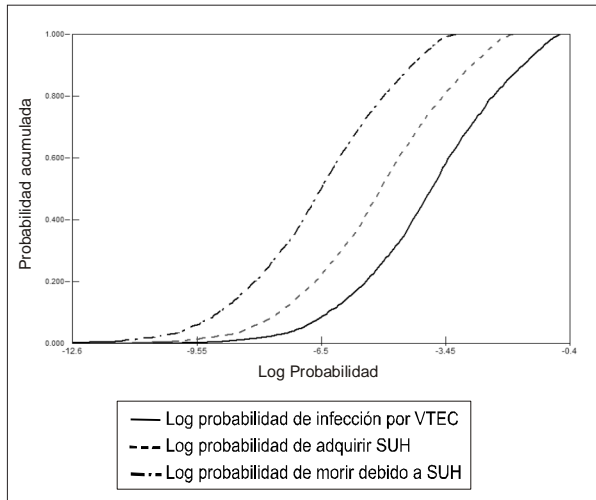


**Figura 2.** Distribución de probabilidad acumulada del número de VTEC en: A) carne molida, B) manos del cocinero y C) vegetales.

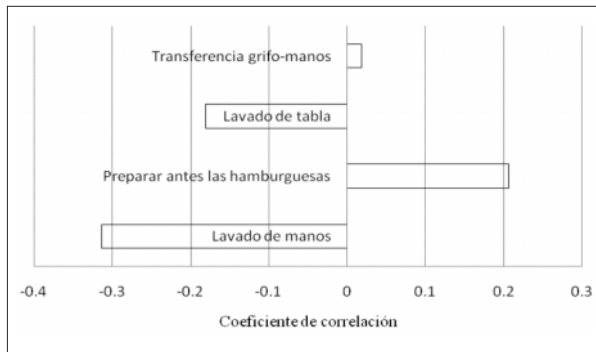
tores de riesgo de contaminación cruzada de VTEC entre la carne y los vegetales. En contraposición, ese riesgo fue solamente de 1,039 cuando se consideró la transferencia del patógeno entre el grifo de agua y las manos del operador (Figura 5). Asimismo, es interesante destacar la importancia que tiene la contaminación cruzada causada a través de las manos del operador contra la insignificancia del aporte de la interacción entre el grifo y esas mismas manos.

## DISCUSIÓN

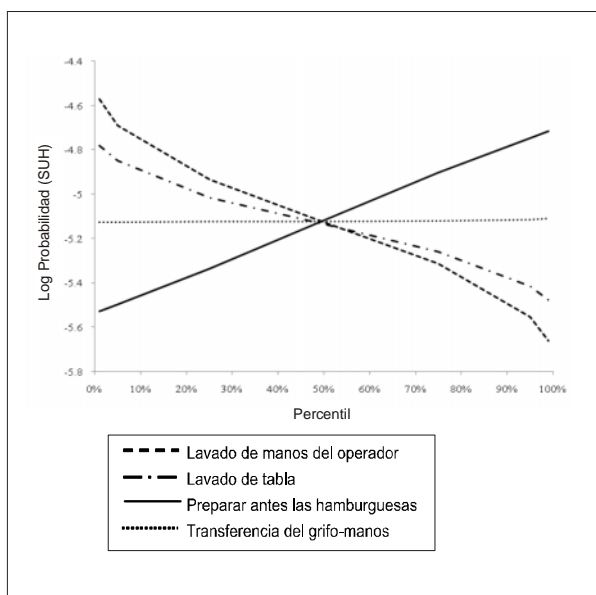
Mediante la evaluación cuantitativa de riesgos descrita se pretendió generar un modelo que permita explorar con mayor profundidad procesos críticos durante las etapas finales de la cadena agroalimentaria, como parte de evaluaciones de riesgos holísticas del tipo “de la granja a la mesa”. Una de las principales ventajas que tienen los modelos que se desarrollan siguiendo esta metodo-



**Figura 3.** Probabilidad de adquirir una infección por VTEC, SUH y mortalidad.



**Figura 4.** Coeficientes de regresión entre la probabilidad de adquirir SUH y los principales factores predictivos del modelo cuantitativo de riesgos.



**Figura 5.** Variación en la probabilidad de adquirir SUH en función del cambio en las principales variables que inciden en el modelo.

logía es que pueden ser utilizados a posteriori, independientemente del patógeno que uno quiera estudiar, modificando solamente algunas pocas variables que le son propias al agente etiológico.

Los resultados muestran que las bajas cargas microbianas en las manos del operador y en los vegetales son producto de la baja probabilidad de transferencia entre los diferentes objetos durante la preparación del alimento, aunque en ciertas ocasiones puede encontrarse un número elevado de microorganismos producto de la contaminación cruzada. El solo hecho de que el número estimado de patógenos presentes en las manos del operador sea relativamente bajo no descarta la importancia que éstas tienen en la transmisión del patógeno a los vegetales y en la posterior infección y adquisición de SUH.

El presente trabajo concuerda con las conclusiones publicadas por Mylius *et al.* (9) con referencia a la importancia que presentan las actividades que se desarrollan en una cocina como medio de contaminación cruzada entre los alimentos. Con base en los datos publicados en la literatura científica (1, 3, 8), es altamente probable que las manos de quienes cocinan transfieran patógenos desde diferentes alimentos, aunque no es posible descartar como una ruta de contaminación cruzada la falta de limpieza de las tablas donde se preparan los alimentos. A partir de un estudio de casos y controles, Rivas *et al.* (14) informaron que la práctica de lavarse las manos siempre con agua y jabón después de manipular carne cruda tiene un OR de 0,23 (IC 95% 0,1 – 0,6), es decir, casi 5 veces menos riesgo de adquirir SUH que si no se lleva a cabo dicha práctica, lo que representa un OR inferior al estimado por este modelo teórico.

El hábito de preparar alimentos crudos antes que los alimentos listos para su consumo, incentivado muchas veces por el hecho de que es durante el transcurso de la cocción de los primeros cuando se preparan los segundos, favorece la contaminación cruzada y aumenta el riesgo de transmisión de patógenos entre alimentos. El lavado de la tabla empleada durante la preparación de los alimentos presenta un elevado OR, lo que pone de manifiesto su importancia para reducir la contaminación cruzada. Otra medida que puede sugerirse es el empleo de dos tablas diferentes, una para la preparación de las hamburguesas y otra para manipular los alimentos listos para su consumo, como los vegetales frescos.

Aunque el riesgo estimado de adquirir la infección fue muy bajo en el presente trabajo, no puede considerarse insignificante, ya que debe contemplarse el número de porciones de hamburguesas que se sirven anualmente (magnitud de la exposición). Según datos del SENASA (17), se comercializan durante un año alrededor de 526 millones de hamburguesas en Argentina. Considerando los datos aportados por la encuesta realizada a hogares en el centro de la provincia de Santa Fe (13), anualmente se preparan en forma casera una cantidad similar de

hamburguesas. Un estudio publicado por Mc Cormick *et al.* (5) indica que aproximadamente un 8% de los consumidores de la provincia de Buenos Aires (Argentina) acompaña las hamburguesas con vegetales. Teniendo en cuenta los datos anteriores, se estimó que el número promedio de personas que potencialmente podrían adquirir SUH a consecuencia de la contaminación cruzada es 88, considerando la variabilidad y la incertidumbre presente en los factores incorporados al modelo. Esto representa cerca del 20% del total de casos de SUH que se producen en Argentina anualmente, dado que se registran entre 400 y 450 nuevos casos cada año (14). La transmisión de la enfermedad ha evolucionado y en la actualidad más del 20% de los casos se vinculan con fuentes diferentes de la carne bovina (21). El número promedio de casos anuales de esta enfermedad calculado mediante el presente modelo de simulación (88 casos) avala el concepto de que el modelo escogido es representativo de las operaciones que se realizan durante la elaboración de estos alimentos y, por lo tanto, que es extrapolable.

Aunque el modelo estimó un número de patógenos relativamente bajo en las manos del operador, el lavado de éstas tiene una influencia determinante en la transmisión del patógeno a los vegetales, y el riesgo puede ser disminuido sustancialmente si esa práctica se incorpora durante el proceso de elaboración. Por otra parte, es llamativo cómo esas mismas manos al interactuar con el grifo no incorporan al modelo un nivel de riesgo importante y parecería que toda especulación que pueda hacerse en cuanto a la incorporación o no de grifos accionados con pedalera en una cocina hogareña no estaría justificada por este modelo. Sin embargo, es destacada la función que cumple este tipo de equipos en las plantas procesadoras de alimentos, en donde los grifos manipulados por un alto número de operarios pueden llegar a convertirse en importantes fuentes de contaminación cruzada. Sin duda, el número reducido de operadores presentes en la cocina hogareña tiene influencia sobre la transferencia de patógenos y así, sobre el bajo riesgo de transmisión estimado.

De todas maneras, las medidas de prevención para desarrollar en los hogares deberían apuntar a controlar los factores que poseen un mayor riesgo relativo y en donde se destacan 3 de las variables estudiadas, 2 de las cuales están relacionadas con procedimientos de higiene (lavado de manos y lavado de la tabla) y la restante puede verse afectada por modificaciones propias de las rutinas, más precisamente por el orden en que se llevan a cabo las tareas. Estas medidas de prevención primaria de la salud ya habían sido destacadas por Rivero *et al.* (16) y forman parte de las recomendaciones emitidas por la asociación "Lucha contra el Síndrome Urémico Hemolítico" (2) y por la Sociedad Argentina de Pediatría (19), por lo que este modelo contribuye con la comunica-

ción del riesgo cuantificando el impacto que tanto las medidas de limpieza y desinfección como la modificación de las rutinas culinarias pueden tener sobre la transmisión de la enfermedad.

El presente modelo permitió descubrir áreas de investigación que deberían profundizarse para reducir la incertidumbre existente sobre ciertos parámetros críticos de los hábitos culinarios de la población, especialmente en las variables relacionadas con la frecuencia con la que se manipulan alimentos crudos antes que alimentos listos para su consumo y la frecuencia de lavado de manos y de tablas, las cuales fueron asignadas arbitrariamente. Por lo anterior, el modelo deberá ser revisado en el futuro cuando se disponga de información que permita reducir dichas fuentes reconocidas de incertidumbre. De todas maneras, aunque el modelo presenta incertidumbre, aporta una base científica que permite corroborar la importancia que tienen las prácticas culinarias en la transmisión de enfermedades. La información generada por estos modelos cuantitativos de riesgos debería ser considerada en la elaboración de estrategias de intervención y comunicación del riesgo hacia las personas que manipulan alimentos, para acentuar la importancia que los 3 principales factores predictivos pueden tener en la transmisión de la enfermedad y el impacto que se generaría en caso de adoptar medidas higiénicas y prácticas culinarias adecuadas.

## CONCLUSIONES

El orden seguido durante la preparación de los platos cuando se sirven alimentos que se consumen crudos combinados con alimentos con cocción previa, así como los hábitos de lavado de manos y de las tablas donde se elaboran los alimentos, son los principales factores de riesgo de contaminación cruzada de VTEC entre la carne cruda y las verduras. Aunque se identificaron importantes fuentes de incertidumbre que deberían ser reducidas en futuros trabajos de investigación, el presente modelo puede ser empleado en evaluaciones cuantitativas de riesgos del tipo "de la granja a la mesa" para reflejar todas las fuentes de transmisión de patógenos al humano. La información aportada por este modelo debería ser tomada en consideración durante el diseño de estrategias de comunicación del riesgo del SUH dirigida a quienes participan en la elaboración de comidas.

**Agradecimientos:** Los autores desean agradecer los aportes realizados por Sara Bertero (SENASA.- Rafaela), Mirna Sánchez (SENASA.- Santa Fe), Carlos Ameri (SENASA), Marta Rivas (Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas ANLIS Dr. Carlos G. Malbrán), Nicolás Winter, Guillermo Negri y Natalia Bonvin (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). L.S. Frizzo es becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chen Y, Jackson KM, Chea FP, Schaffner DW. Quantification and variability analysis of bacterial cross-contamination rates in common food services tasks. *J Food Protect* 2001; 64: 72-80.
2. Lucha contra el Síndrome Urémico Hemolítico. ¿Cómo prevenir el Síndrome Urémico Hemolítico? Disponible en: [www.lusuh.org.ar](http://www.lusuh.org.ar). Último acceso: 29 de enero de 2009.
3. Lubber P, Brynstad S, Topsisch D, Scherer K, Bartelt E. Quantification of *Campylobacter* species cross-contamination during handling of contaminated fresh chicken parts in kitchens. *Appl Environ Microbiol* 2006; 72: 66-70.
4. Marín V, Quinteros C, Tarabla H, Signorini M. Hábitos de consumo de hamburguesas y el riesgo de exposición a *Escherichia coli* VTEC. XVII Reunión Científica Técnica de la Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico, 2008, Resumen E8, Santa Fe, Argentina.
5. Mc Cormick M, Lacaze ML, Pereyra AM, Battistini M. Selecciones alimentarias en hogares de Buenos Aires y sus alrededores. En: Traversa O, editores. Cuadernos del Centro de Estudios del Sistema Agroalimentario. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Llavallol, Provincia de Buenos Aires (Argentina), 1999, p. 51-80.
6. Meichtri L, Miliwebsky E, Giofré A, Chinen I, Baschkier A, Chillemi G, et al. Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in healthy young beef steers from Argentina: prevalence and virulence properties. *Int J Food Microbiol* 2004; 96: 189-98.
7. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. Diarrea aguda en Argentina. Precauciones especiales durante el período de verano. Epi-Noticias, 2005, Año IV, Número 527, pp 3.
8. Montville R, Schaffner DW. Inoculum size influences bacterial cross contamination between surfaces. *Appl Environ Microbiol* 2003; 69: 7188-93.
9. Mylius SD, Nauta MJ, Havelaar AH. Cross-contamination during food preparation: A mechanistic model applied to chicken-borne *Campylobacter*. *Risk Anal* 2007; 27: 803-12.
10. Noris M, Remuzzi G. Hemolytic uremic syndrome. *J Am Soc Nephrol* 2005; 16: 1035-50.
11. Omisakin F, MacRae M, Ogden ID, Strachan NJC. Concentration and prevalence of *Escherichia coli* O157 in cattle feces at slaughter. *Appl Environ Microbiol* 2003; 69: 2444-7.
12. Padola NL, Sanz ME, Lucchesi PM, Blanco JE, Blanco J, Blanco M, et al. First isolation of the enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O145:H- from cattle in feedlot in Argentina. *BMC Microbiol* 2002; 2: 6-10.
13. Quinteros C, Marín V, Tarabla H, Signorini M. Hábitos de consumo de hamburguesas en el centro de la provincia de Santa Fe. XVII Reunión Científica Técnica de la Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico, 2008; Resumen E9, Santa Fe, Argentina.
14. Rivas M, Sosa-Estani S, Rangel J, Caletti MG, Vallés P, Roldán CD, et al. Risk factors for sporadic Shiga Toxin-producing *Escherichia coli* infections in children, Argentina. *Emerg Infect Dis* 2008; 14: 763-71.
15. Rivas M. Síndrome Urémico Hemolítico. En: Foro de Investigación en Salud en Argentina. 1º Taller de Validación y adaptación de metodologías de fijación de prioridades en la selección de investigaciones en salud en Argentina, 2006; Olavarría, Argentina.
16. Rivero MA, Padola NL, Etcheverría AI, Parma AE. *Escherichia coli* enterohemorrágica y síndrome urémico hemolítico en Argentina. *Medicina (Buenos Aires)* 2004; 64: 352-6.
17. SENASA. Ameri C. 2008. Comunicación personal.
18. Signorini M, Tarabla H. Quantitative risk assessment for verocytotoxigenic *Escherichia coli* in ground beef hamburgers in Argentina. *Int J Food Microbiol* 2009; 132: 153-6.
19. Sociedad Argentina de Pediatría. Síndrome Urémico Hemolítico. Recomendaciones para su prevención. Disponible en: [www.sap.org.ar/index](http://www.sap.org.ar/index). Último acceso: 29 de enero de 2009.
20. Strachan NJC, Doyle MP, Kasuga F, Rotariu O, Ogden ID. Dose response modelling of *Escherichia coli* O157 incorporating data from foodborne and environmental outbreaks. *Int J Food Microbiol* 2005; 103: 35-47.
21. USDA-APHIS. An Update: *Escherichia coli* O157:H7 in humans and cattle. Centers for Epidemiology and Animal Health, 1997, Fort Collins, Colorado (EE.UU.), p. 30.