

La genética felina: Un acercamiento combinatorio

Massimo Picardello

Traducción al español: M.V.Z. Ana María Sosa

Introducción: los modelo matemático para el de la genética felina.	2
El color eumelanístico sin la dilución maltés (negro, chocolate, canela)	3
El color eumelanístico con la dilución maltés (azula, lilac, gamuza)	4
El color feomelanístico (rojo, crema) y color ligado al sexo (tortie, tortie azul)	6
Epistasís: blanco y bicolor	8
<i>El gen bicolor</i>	
<i>El gen modelo Birmano</i>	
<i>Las series alelicas del bicolor: la genética de los patrones del Ragdoll</i>	
<i>El gen blanco</i>	
Patrones del tabby	13
Colores sombreado y humo	16
<i>La teoría de un gen</i>	
<i>La teoría de dos genes</i>	
<i>Otros colores predichos por la teoría de 2 genes ; oro</i>	
<i>Insatisfactorias consecuencias de la teoría de 2 genes.</i>	
<i>La teoría del modificador dorado epistático</i>	
<i>la teoría dorado=tabby ticked café</i>	
<i>La teoría del gen de banda ancha</i>	
<i>la teoría (dorado=tabby ticked café+modificador de banda ancha) :finalmente tenemos un</i>	<i>modelo</i>
<i>genético comprensivo para humos sombreados y dorados!</i>	
<i>El color de ojos del sombreado plata y el dorado: un ejemplo de persistencia</i>	
Las modificaciones siamés y burmes (sepia, mink, puntos de color). Gen de los ojos Azules.	26
La genética de la estructura del pelaje: el pelo largo, rex, pelo de alambre y sin pelo.	27
La genética de la forma de oreja y esqueleto: polidactilismo, Manx, oreja doblada, oreja curvada, rabo corto, munchkin	30
Derivar los resultados de las crías sin usar las tablas.	32

Introducción: los modelos matemáticos para la genética felina. Estas notas son una ayuda para dar una explicación sintetizada y simplificada de la genética felina, cuyos requisitos previos biológicos y bioquímicos son reducidos a un mínimo. El objetivo es desarrollar un sistema usando el modelo mendeliano de la transmisión genética, basado en la acción de uno o más genes "principales" actuando totalmente en lugar de gradualmente: el efecto aparece completamente o de ninguna manera, según cual variante (*alelo*) del gen es considerado. Así, más bien que proteínas del DNA, tenemos la combinación de los símbolos, representando a los genes. Tenga en cuenta que los modelos matemáticos son de ayuda para explicar las tablas de Mendel: los símbolos pueden o no corresponder a los genes reales, y en todos los casos nos guía para la simplificación de la complejidad verdaderamente biológica, lo que se atiende no solamente en los genes principales, sino también en una multitud de genes modificadores. Cada modificador tiene un efecto menor el cual se acumula con los otros, produciendo un resultado combinado más gradual del que un gen único pudiera manifestar. Algunas veces podemos presentar dos modelos matemáticos alternativos para explicar el mismo efecto. Si los dos modelos dan el mismo efecto en todos los casos, ellos son matemáticamente equivalentes, aunque no bioquímicamente, y será impertinente para nosotros cual de ellos es "biológicamente verdadero" (probablemente ninguno: ¡la biología tiende a ser más compleja!). Por otra parte, los diferentes modelos algunas veces no son completamente equivalentes, porque la frecuencia estadística de sus efectos después de muchas generaciones puede no ser del mismo modo. Este es usualmente el caso cuando comparamos un modelo basado en un gen mendeliano único con otro basado en un grupo de modificadores. Para escoger uno que tenga una mejor adaptación con la evidencia experimental se necesita una base de datos extensa de los resultados experimentales. Limitaremos nuestra atención para simplificar los modelos que no reclamen una precisión refinada total, pero simples para discutir y trabaja bien dentro de los niveles racionales de la aproximación.

Las siguientes indicaciones son los únicos requisitos biológicos. Cada célula contiene un núcleo, encerrado en una membrana. El núcleo lleva la información de la herencia, codificado bioquímicamente en ciertos filamentos de proteína helicoidal llamados cromosomas. Los segmentos propios de estos filamentos llevan los toques genéticos individuales, y son los llamados *genes*. La posición de un gen en su cromosoma se le llama *locus*. El felino tiene 19 pares de los cromosomas, para un número total de 38. Los dos cromosomas en un par se dicen ser *homólogos* (esto es, similar). El gen del correspondiente locus en los cromosomas homólogos actúa en el mismo rasgo genético. Si ellos son idénticos, entonces su acción es del mismo modo; si no, puede ser diferente. Los genes diferentes en el mismo locus en los cromosomas homólogos son los llamados *alelos*.

Existen dos vías por las que una célula puede duplicarse. En la primera, la llamada mitosis, la membrana del núcleo se rompe, los cromosomas se alinean en el centro de la célula y cada uno de ellos crea una copia igual de sí mismo (

exceptuando los raros errores de la transcripción bioquímica, importante para explicar las mutaciones y las recombinaciones genéticas). Cada par idéntico entonces se separan, y los dos cromosomas pasan de un lugar a otro de la célula. Esto da origen a dos grupos idénticos de 38 cromosomas que se ponen cada uno a los lados opuestos de la célula. Ahora la célula se separa en dos células nuevas idénticas a partir de una sola. Este es el mecanismo de la duplicación con lo que los tejidos biológicos crecen.

Pero lo interesante del mecanismo de la duplicación es otro, el vinculado a la fertilización. Aquí la célula sufre un proceso de duplicación diferente, la llamada meiosis, se transforma en dos células nuevas, diferentes a la original. Son las llamadas células germinales. Cada célula germinal es dotada con sólo 19 cromosomas, uno por cada par homólogo: la mitad del patrimonio genético. La meiosis trabaja de la siguiente manera. También en este caso el punto de partida es la disolución de la membrana del núcleo, y la alineación de los 38 cromosomas en el centro de la célula. Ahora, sin embargo, los cromosomas homólogos se mantienen cerca (tan cerca que ellos pueden cambiar los fragmentos químicos, un importante proceso que da origen a las combinaciones genéticas). En este punto, uno de los dos cromosomas de cada par pasa al extremo de la célula y el otro al lado opuesto: lo cual va a hacerse al azar. Cuando este proceso se ha completado, en uno de los extremos existen 19 cromosomas y en el otro existen sus cromosomas homólogos, pero la selección es al azar. Ahora, como en la mitosis, la célula se divide en dos células, cada una de las cuales poseen solamente 19 cromosomas. Son las células germinales: surgen de los padres en el apareamiento, para dar origen a una célula con 38 cromosomas en 19 aparean. La célula resultante es llamada fertilizada: es la primera célula del nuevo gatito. Por esto cada par de los cromosomas de la célula fertilizada consiste de un cromosoma de la célula germinal paterna y uno de la materna.

Esto nos lleva al principio fundamental de la herencia genética: la transmisión hereditaria de cada rasgo genético es debido al hecho de que la célula fertilizada es dotada con un par de alelos, uno de cada padre. La expresión del rasgo genético depende de que alelos son transmitidos para la fertilización de la célula, y si ellos son iguales (*homocigosis*) o diferente (*heterocigosis*). A menudo, dos conocidos alelos producen efectos diferentes en el mismo rasgo genético, predominando uno sobre el otro e imponiendo su efecto: es llamado *gen dominante*, mientras que el otro es el llamado *gen recesivo*

El color eumelanístico sin dilución maltés (negro, chocolate, canela).

Comenzaremos por introducir el gen B, responsable de la pigmentación negra de la capa de pelo. Más precisamente, el gen B fuerza a las células productoras del pigmento en la raíz de los pelos a liberar un pigmento llamado eumelanina, consistiendo de moléculas esféricas cuyo efecto físico es pintar el pelo negro. La razón de la producción de la eumelanina depende de la temperatura: en baja

temperatura, la capa será pintada con el negro más intenso. Esta es la razón por la que en muchos gatos negros de pelo largo el color es pálido en la base (en la región más caliente cercana al cuerpo), y en los negros con pelo corto (Devon por ejemplo) el color es más oscuro en las *puntas* (cara, orejas, rabo, pierna), las áreas más lejanas de los músculos productores de calor

El gen **B** tiene un alelo **b** recesivo. Este alelo induce una deformación de las partículas del pigmento, volviéndolas más largas y ovales. El resultado es el pigmento chocolate. Existe otro alelo, b^l , que produce un color más pálido: canela. El gen **B** es dominante sobre los otros alelos, y la **b** es dominante sobre b^l . Considerando el apareamiento de un felino que es **homocigoto BB** con otro que es **homocigoto bb**. Permítanos llenar una tabla cuyas filas corresponden para los posibles genes en la célula espermática, y las columnas corresponden para los genes de los óvulos. Cada celda en la tabla contiene un fenotipo posible del vástago (todo igualmente probable). Es notorio ver que todos los gatitos son negros fenotípicamente, pero portadores del chocolate:

	<i>B</i>	<i>B</i>
<i>b</i>	Bb	Bb
<i>b</i>	Bb	Bb

Ahora consideremos los felinos obtenidos por el apareamiento previo: ¿ que ocurre cuando ellos se aparean? En la segunda generación uno tiene:

	<i>B</i>	<i>b</i>
<i>B</i>	BB	Bb
<i>b</i>	Bb	bb

Por esto, los nuevos gatitos son el negro homocigótico con la probabilidad 1/4, el negro heterocigótico (los portadores del chocolate) con la probabilidad 1/2, y el chocolate con la probabilidad 1/4. Esto no significa que cada camada consistirá de 75 % negros y 25 % chocolates: sin embargo, esta es la distribución estadística más probable después de muchas camadas.

Finalmente, consideraremos el caso de la cruce de **Bb x Bb^l**

	<i>B</i>	<i>b</i>
<i>B</i>	BB	Bb
<i>b^l</i>	Bb ^l	bb ^l

Con la misma probabilidad (25 %) los gatitos son los negros homocigóticos, negros portadores del gen chocolate, negros portadores del gen canela o los chocolates portadores del gen canela.

- Problema.**
1. Una hembra negra tiene un gatito chocolate. ¿Cuáles son los posibles colores del padre? (No considerar los colores que aún no se hayan introducido)
 2. ¿Si el gatito es negro y la madre chocolate, cuáles son los posibles

colores del padre?

Colores eumelanísticos diluidos (azul, lilac, fawn). Todos los colores considerados hasta ahora existen en una versión diluida, provocado por la acción del gen de la dilución maltés, lo que es denotado por la letra **d**. El alelo dominante **D** no genera ninguna dilución, pero el alelo recesivo **d** origina una distribución diferente en el espacio de las partículas del pigmento, cuyo efecto visual es un color de baja intensidad. Entonces el negro es transformado en azul (o sea, gris con un tono azulado), el chocolate se convierte en lilac y el canela en fawn (un color muy pálido, vagamente parecido a la crema, pero sin ser rojizo).

El gen **d** cambia el arreglo de las partículas de pigmento, no su forma. Por esto, actúa sobre un rasgo genético diferente del de la forma (esférico o alargado). Realmente, ocupa un locus diferente de **B**. Por esto estos dos genes, la **B** y la **d**, obran como genes independientes. La tabla siguiente muestra el resultado de la cruce de un **BBdd** gato azul con un negro portador de la dilución (**BBDd**; podemos usar a menudo la expresión *negro portador de azul*). Estadísticamente, la mitad de los gatitos son negros portadores de azul, los otros son azules.

	<i>BBd</i>	<i>BBd</i>
<i>BBD</i>	BBDd	BBDd
<i>BBd</i>	BBdd	BBdd

En general, la acción recíproca de los dos genes independientes puede necesitar las tablas con cuatro filas (correspondiendo para el contenido genético de los gametos de la madre) y cuatro columnas (para los gametos del padre). Por ejemplo, permítanos considerar la cría de un negro portador de chocolate y azul (**BbDd**) con un azul portador de fawn (**Bb^Ldd**):

	<i>BD</i>	<i>Bd</i>	<i>bD</i>	<i>bd</i>
<i>Bd</i>	BBDd	BBdd	BbDd	Bbdd
<i>Bd</i>	BBDd	BBdd	BbDd	Bbdd
<i>b^Ld</i>	Bb ^L Dd	Bb ^L dd	bb ^L Dd	bb ^L dd
<i>b^Ld</i>	Bb ^L Dd	Bb ^L dd	bb ^L Dd	bb ^L dd

Como podemos ver, 3/8 de los gatitos tienen el fenotipo negro (portando varios colores), 3/8 azul, 1/4 chocolate, 1/4 lilac, pero ningún canela o fawn.

Observe que en esta tabla las cuatro filas son idénticas. Por esto, una tabla de dos por cuatro (uno con dos filas y cuatro columnas) pudiera ser suficiente.

Esto es así porque el azul es escogido para ser homocigótico con respecto al alelo **d**. Una tabla llena de 4 por 4 es requerida para la cría de dos negros ambos portadores del chocolate y azul (**BbDd**). Dejamos este caso para el lector.

Problema. Una hembra azul tiene un gatito lilac. ¿Cuáles son los posibles colores del padre, y qué colores puede él portar? (Descarte cualquier color no discutido)

hasta ahora)

Problema. 1. ¿Cuáles son los posibles colores de los gatitos de un negro portando azul solamente y de un azul homocigótico, y cuáles son sus probabilidades?
2. ¿Cuáles son los posibles colores de los gatitos de un azul homocigótico y un chocolate homocigótico, y cuáles son sus probabilidades?

Nota. El último problema muestra que los gatitos de un azul y un chocolate pueden ser negros. A simple vista, esto es sorprendente, porque el negro es dominante sobre ambos azul y chocolate. Pero no existe la equivocación: el gen del chocolate y el gen de la dilución maltés están ocupando un locus diferente, y ellos obran como genes independientes.

El color faeomelanístico (rojo, crema) y el gen ligado al sexo (tortie, azul-crema). Las leyes de la genética de Mendel maneja los genes con efecto bien definido: o el rasgo genético aparece completamente o de ninguna manera. Los genes de los colores considerados hasta ahora obran así.

Un rasgo genético típico es el sexo: o es macho o es hembra. Sin embargo, el género no puede estar determinado por un único gen. Si así fuera, uno de los sexos supuestamente dominaría genéticamente sobre el otro (una dominancia parcial puede causar que todo los individuos sean **hermafroditas**). Por lo tanto, después de solo una generación, todos los individuos pudieran pertenecer al mismo género, y la especie supuestamente se extinguiría

Realmente, la raíz genética del género no es un gen, sino todo un cromosoma. Uno de los pares de los cromosomas puede consistir de dos cromosomas no completamente similares. Uno es mayor, y de forma aproximadamente como una X. El otro, más pequeño, carece de una parte de la X: es de Y. El patrimonio cromosómico del macho contiene un par XY. En una hembra existen dos cromosomas X: XX. Así, el efecto genético es agudo pero sin la dominancia de un género sobre el otro. Además, la siguiente tabla muestra que otro requisito necesario para la supervivencia de la especie es satisfecho: la probabilidad de que un individuo sea macho o hembra es la misma.

	X	Y
X	XX	XY
X	XX	XY

Hembras machos

Por otro lado, ya que el cromosoma de la Y carece de una parte del cromosoma de la X, en un macho los genes cuyos locus están puestos en esta parte no tienen pares, esto es, carece de sus alelos. Estos hechos cambian su esquema de transmisión hereditaria. Estos genes se dicen estar *sexualmente ligados*.

Uno de los genes del color está sexualmente ligado. Es el gen anaranjado, O, que transforma las partículas del pigmento negro (eumelanina), aproximadamente esféricas, en partículas de pigmento diferentes (faeomelanina),

mucho más alargadas. Este pigmento es responsable del el color rojo hondamente intenso de los felinos de exposición (y algunas variantes amarillentas en los felinos cuyas líneas no sufren ninguna selección, como los felinos callejeros por ejemplo). Su alelo **o** no cambia la eumelanina en faeomelanina (el es inactivo). En principio, el genotipo **BO**, **bO** y **blO** pueden presentar tres tonos diferentes de rojo, pálido y más pálido, y algunas veces uno puede quizás distinguirse entre sus fenotipos. Pero la diferencia es tan ligera que uno prefiere no hacer esta distinción: todas estas variantes de rojo serán nombradas como "rojo". Similarmente, las diluciones maltés correspondientes se agruparán en un color crema.

El gen anaranjado es algo peculiar. Esta sexualmente ligado: Un macho puede ser **o** (fenotipo eumelanístico) u **O** (rojo o crema), pero no ambos. Sin embargo, una hembra puede ser el **oo** (eumelanístico), el **OO** (rojo o crema) u **Oo**. Es en el último caso que el segundo aspecto peculiar aparece. El alelo **O** no es dominante sobre **o**. El genotipo **Oo** no produce hembras rojo o crema. En cambio, en la célula productora del pigmento en la base del pelo solamente uno de los dos alelos anaranjados pertenecientes a los dos cromosomas X son activados. El otro es el desactivado, y no presenta ningún efecto. Por esto, las hembras **Oo** tienen algunos pelos rojo/crema y algunos negro/azul (o sus versiones más claras). Cuál de las dos alelos son activados está determinado al azar. Sin embargo, la activación en todas las células somáticas tiene lugar en un período breve de tiempo durante el desarrollo temprano. Si este período del tiempo es muy temprano, cuando aún existen pocas células somáticas, entonces las duplicaciones siguientes de una célula donde **O** alelo es activado conserva la misma opción, y similarmente para la **o**. Entonces vemos grandes parches de rojo y negro (o sus diluciones). Pero si la activación toma lugar tarde, entonces los dos colores son mezcladas finamente. Estos fenotipos son el llamado *concha de tortuga negro* (o *tortie*); las versiones diluidas son llamadas azul tortie, el tortie lilac o el tortie fawn.

Hemos explicado ya como es que la transmisión hereditaria de los genes ligados al sexo es diferente. Realmente, el esquema de la acción recíproca independiente de los dos alelos es cambiado, como ahora se muestra. La tabla usual,

	<i>O</i>	<i>O</i>
<i>O</i>	OO	OO
<i>o</i>	Oo	Oo

está *mal* ahora. En cambio, uno tiene

	<i>O</i>	-
<i>O</i>	OO	O-
<i>o</i>	Oo	o-

porque los machos no tienen el genotipo del **OO**. Un macho rojo tiene solo un

alelo, **O**. Para aclarar esto sustituimos el alelo faltante por una raya. Así, si no existe la dilución maltés ni alelos más claros chocolate/canela, una hembra tortie en apareamiento con macho rojo produce, con igual probabilidad, gatitos hembras rojo o tortie y gatitos machos rojo o negros. Podemos resumir esto como una regla general: para rasgos ligados al sexo, los gatitos machos obtienen el rasgo (en este caso, color) solamente de su madre, pero los gatitos hembras lo obtienen de ambos padres en iguales proporciones.

Aquí tenemos un ejemplo complejo: La cría de un macho negro portador de chocolate y la dilución maltés (**BbDdo-**) con una hembra azul/crema portadora del fawn (**Bb^lddOo**):

	<i>BDo</i>	<i>Bdo</i>	<i>bDo</i>	<i>bdo</i>	<i>BD -</i>	<i>Bd -</i>	<i>bD -</i>	<i>bd -</i>
<i>BdO</i>	BBDdOo	BBddOo	BbDdOo	BbddOo	BBDdO-	BBddO-	BbDdO-	BbddO-
<i>BdO</i>	BBDdOo	BBddOo	BbDdOo	BbddOo	BBDdO-	BBddO-	BbDdO-	BbddO-
<i>b^ldO</i>	Bb ^l DdOo	Bb ^l ddOo	bb ^l DdOo	bb ^l ddOo	Bb ^l DdO-	Bb ^l ddO-	bb ^l DdO-	bb ^l ddO-
<i>b^ldO</i>	Bb ^l DdOo	Bb ^l ddOo	bb ^l DdOo	bb ^l ddOo	Bb ^l DdO-	Bb ^l ddO-	bb ^l DdO-	bb ^l ddO-
<i>Bdo</i>	BBDdoo	BBddoo	BbDdoo	Bbddoo	BBDdoo-	BBddoo-	BbDdoo-	Bbddoo-
<i>Bdo</i>	BBDdoo	BBddoo	BbDdoo	Bbddoo	BBDdoo-	BBddoo-	BbDdoo-	Bbddoo-
<i>b^ldoo</i>	Bb ^l Ddoo	Bb ^l ddoo	bb ^l Ddoo	bb ^l ddoo	Bb ^l Ddoo-	Bb ^l ddoo-	bb ^l Ddoo-	bb ^l ddoo-
<i>b^ldoo</i>	Bb ^l Ddoo	Bb ^l ddoo	bb ^l Ddoo	bb ^l ddoo	Bb ^l Ddoo-	Bb ^l ddoo-	bb ^l Ddoo-	bb ^l ddoo-

¡La mitad izquierda de la tabla contiene los genotipos de gatitos hembras los (dos alelos anaranjados!). A simple vista es fácil ver (en la base de esta mitad de la tabla) que 3/16 son negros (portando varios colores), 3/16 azul, 1/16 chocolate, 1/16 lilac, pero ninguno canela o fawn. En la parte superior, uno tiene los colores del tortie correspondientes: 3/16 son tortie negro, 3/16 tortie azul, 1/16 tortie chocolate, 1/16 tortie lilac, pero ninguno tortie canela o tortie fawn. La mitad derecha de la tabla contiene los genotipos de los gatitos machos. De nuevo, en la última parte aparecen las probabilidades de gatitos machos con color eumelanístico: 3/16 negros (portando varios colores), 3/16 azul, 1/16 chocolate, 1/16 lilac. La parte superior muestra las mismas proporciones para el color feomelanístico. Sin embargo, identificamos las diferentes variantes genóticas de rojo (crema), y este hecho ahora produce iguales proporciones: 1/4 rojo, 1/4 crema

Problema. Un gatito tortie tiene un padre negro. ¿cuál puede ser el color de la

madre, y qué color de genes puede ella portar? (Descarte cualquier color no discutido hasta ahora).

Epistasis: el blanco y el bicolor. En la sección 2 estudiamos una instancia de la dominancia: el gen negro **B** es dominante sobre su alelo chocolate **b**. La dominancia significa que, entre dos alelos del mismo gen, uno impone su efecto en el otro en el fenotipo. Por otra parte, encontramos algunos genes que modifican los rasgos fenotípicos usualmente dominados por otros genes en un locus diferente. Por ejemplo, el gen anaranjada **O** transforma el color negro en rojo, y del gen de la dilución maltés **d** transforma el negro en azul y rojo en crema. Algunas veces, decimos que el negro es dominante sobre el azul, pero esto no es un hecho completamente correcto: el gen que es dominante sobre **d** no es la **B**, es la **D**. El efecto de la **d** traslapa y cambia los de **B**. Este fenómeno es llamado *epistasis*. Similarmente, la acción epistática de la **O** sobre la **b** y sus alelos son la transformación de la eumelanina en la feomelanina.

El gen bicolor

Ahora podemos estudiar otras dos instancias de la epistasis. La primera está relacionada con gen bicolor **S**, el cual da origen a la completa falta del pigmento del pelo en las áreas específicas del cuerpo. Este gen es epistático sobre todos los colores que hemos estudiado hasta ahora, y para todos los otros que introduciremos más tarde con la única excepción del gen **W** blanco, para ser discutido después, ya que produce completa despigmentación del pelo en todo el cuerpo. Realmente, si las áreas donde el gen bicolor **S** actúa están cubiertas por pelo, entonces el pelo es blanco, pero también la piel está despigmentada allí. Por esto, si estas áreas no tienen ningún pelo, como en el caso de la piel de la nariz o los cojincillos de la pata, entonces la piel está despigmentada, y será rosa. Además, si en el principio de la fase de duplicación de la célula somática el gen **S** actúa en las células que originan el tejido del ojo, entonces la despigmentación puede dar lugar a ojos azules o azul pálido cuando el crecimiento del ojo se ha completado. De hecho, puede acontecer que un ojo sea azul mientras que el otro esta normalmente coloreado. Cerca de las células del tejido del ojo existen las células del tejido del oído: a menudo el oído en el lado del ojo azul está funcionando mal, hasta la sordera. El alelo recesivo **s** no causa la despigmentación, permite la manifestación de todo el color por todo el cuerpo.

La tabla siguiente presenta, por ejemplo la cruce de un felino negro con un heterocigótico negro y blanco **Ss**. La mitad de los gatitos son blanco y negro, la otra mitad es negro. El lector debe completar la tabla teniendo en cuenta el gen **B**.

	<i>S</i>	<i>s</i>
<i>s</i>	<i>Ss</i>	<i>ss</i>
<i>s</i>	<i>Ss</i>	<i>ss</i>

El gen **S** tiene un rango amplio de efectos, desde una pequeña mancha blanca (*el botón blanco*) a blanco casi abarcando todo el cuerpo, como en las distribuciones del arlequín y del van. El rango de acción es gradual, y es parcialmente debido a los poligenes. Pero los estudios recientes muestran que felinos homocigóticos **SS** tienen más blanco que heterocigóticos **Ss**, por ejemplo el patrón van. Podemos volver a esto pronto, cuando introduzcamos otros alelos de **S**, para explicar los diferentes patrones blancos del Ragdoll.

El gen de patrón de guantes (mitted) del Birmano.

Es importante observar que el gen **S** domina la transmisión genética de las manchas blancas, pero no sus medidas y posiciones. No está claro si la posición de las manchas es dominada enteramente por la transmisión genética. Ciertamente, algunas distribuciones de manchas blancas son a veces transmitidas a los gatitos. Esto acontece, por ejemplo, en el patrón de guantes de los Birmanos y Ragdolls, y en la V de invertida en la cara de los felinos con distribución bicolor. Realmente, los genetistas han debatido si el patrón mitted es provocado por un gen específico, un alelo de **S** o un gen completamente diferente en un locus diferentes. ¿En este último caso, debe este nuevo gen ser dominante? Si es dominante, entonces pueden existir felinos heterocigótico para el patrón mitted. Los gatitos de dos felinos con este genotipo pueden tener 25 % probabilidad de no tener ninguna mancha blanca. ¡Pero parece no haber ningún registro de gatitos de puntas de color sólido en las camadas de Birmanos! Por otra parte, muchas generaciones de Birmanos han sido siempre cruzados con Birmanos, así ellos pueden ser todos homocigótico para este hipotético gen del patrón mitted.

Pero los artículos recientes (J.P Maas, la *Introducción en la Herencia de las Series Aalbino, Bicolor y el Blanco Epistático*, 1995), basados sobre la evidencia de los criadores holandeses de felinos Birmanos, sostienen que las cruza experimentales de Birmanos con felinos de punto sólido(sin blanco) producen camadas de gatitos punto sólido solamente (ninguna mancha blanca). Si es así, entonces el gen del patrón Birmano existe realmente: llámese s^b (la *b* representa *Birmano*). Realmente, si el patrón mitted fuera solo una consecuencia del bicolor (dominante), al menos la mitad de los gatitos de la primera generación podrían tener las manchas blancas. Más que eso: el gen del patrón s^b debe ser el recesivo!

Por otra parte, mencionamos el hecho que El Club de el Gato Sagrado de Burma en Francia (M.A Taranger, comunicación privada) sostiene que esta evidencia es defectuosa, y que los gatitos de la primera generación pueden ser mitted o punto de color. Si es así, entonces la teoría más razonable puede ser que el patrón mitted de Birmano es provocado por un genotipo bicolor (heterocigótico **Ss**, que da lugar a una cantidad reducida de blanco, como podremos ver pronto, ú homocigótico **SS**), y por la acción sobrepuesta de un gen en un locus diferente. Este segundo gen puede tener el efecto de reducir la expresión de blanco para los

guantes y guanteletes solamente, y para dibujar la forma de las áreas blancas: podemos llamarle **mit**, de *mitted*. Ya que la forma de los guantes blancos en Birmanos es distintivo y es consistentemente similar, el gen que controla el **mit** puede probablemente ser recesivo, así que todo Birmano podría ser homocigótico **mit mit**. Entonces, todos los gatitos de la cruce de dos Birmanos del genotipo **mit mit SS** son Birmanos. Sin embargo, la cruce de dos Birmanos de genotipo **Ss mit mit** puede dar 75 % de los gatitos Birmanos y 25 % punto de color (sin blanco). Pero esta distribución probable del color de los gatitos no parece encontrarse en la vida real. Como mencionamos anteriormente, esta discrepancia puede ser explicada solamente al asumir que, debido a la consanguinidad, todos los Birmanos son homocigóticos **SS**: pero cruzar Birmanos con Birmanos punto de color (punto de color sólido) puede producir claramente Birmanos heterocigóticos, así no podemos explicar la discrepancia, lo que nos guía a descartar la teoría sugerida por El Club de el Gato Sagrado de Burma de Francia. Otras discrepancias con la evidencia actual han sido obtenidas: cuando se cruza un Birmano **SS mit mit** con un punto de color **ss Mit Mit**, todos los gatitos pueden ser de punto con blanco en el patrón bicolor (no mittens, por lo tanto no Birmanos). Así, creemos que ningún gen que controla el dibujo del blanco existe.

Pero aún el mencionado patrón propuesto por J.P. Maas tiene algunos inconvenientes. Realmente, hay que advertir que la existencia de un gen *mitted* Birmano específico recesivo da lugar a las raras consecuencias genéticas. Efectivamente debe haber al menos dos genes principales diferentes produciendo manchas blancas (uno para el patrón *mitted* Birmano y el otro para las manchas blancas variadas). La sobreposición de ellos puede dar lugar a felinos enteramente blancos cuyos gatitos pueden tener la baja probabilidad de ser también enteramente blancos (aunque uno debe admitir que este supuesto caso sea bastante improbable). Esto entra en conflicto con la evidencia estadística de la transmisión hereditaria de blanco, como podremos ver más tarde.

La serie alélica bicolor: la genética del patrón del Ragdoll.

El patrón *mitted* existe también en otras razas, por ejemplo en el Ragdoll. Es muy probable que el patrón del Ragdoll no se deba al mismo gen *mitted*: existe una acción del bicolor adicional, la que es responsable de la línea blanca en el vientre del Ragdoll *mitted*. A causa de la mezcla de su acción con el típico bicolor, el patrón del gen del Ragdoll *mitted* parece estar ocupando el mismo locus del gen bicolor **S**.

En los años recientes, la genética de los patrones del blanco del Ragdoll ha sido bien entendida (ver, por ejemplo, las notas de Robin Pickering, pag. 73-86, Roy Robinson, pag. 93-95, en *The definitive Guide to Ragdolls*, L. Wallace, R. Pickering & D. Pollard, editores, Ragdoll World u.k., 1995). Este razonamiento ha sido posible por el hecho de que cruces entre bicolors *mitted* y Ragdolls de punto (sin blanco) son frecuentes. La primera generación de gatitos de la cruce de un Ragdoll *mitted* y un punto de color , puede ser punto de color sin blanco o *mitted*. Así, el patrón

mited en el Ragdoll es debido a un gen que es epistático sobre el color sin blanco. Cuando uno de los padres mited es heterocigótico, estadísticamente la mitad de los gatitos no tienen manchas blancas. Cuando es homocigótico, entonces todos los gatitos son mited. Se puede ahora ver que el gen del patrón mited del Ragdoll, que puede ser denotado por s^m , parece ser parcialmente recesivo respecto a la S . La dominancia parcial de la S sobre la s^m puede ser usada para explicar los diferentes grados de la mancha blanca en Ragdolls. Además de los Ragdoll punto de color (sin blanco), que son s heterocigóticos, existen cinco genotipos. El Ragdoll mited tiene el genotipo $s^m s$ heterocigótico para el alelo mited!) Su fenotipo tiene considerablemente más blanco que el Birmano: típicamente, no solamente en los pies, sino también hasta los corvejones de las piernas, y en una estrecha línea en la parte ventral del cuerpo, desde la barba hasta la base de la cola. El genotipo Ss da origen al patrón bicolor ideal, sin más que 1/3 de blanco en la espalda, las piernas y parte ventral del cuerpo casi enteramente blanco con el blanco extendiéndose hacia la cara en la forma de V invertida. El genotipo $s^m s^m$ produce un refuerzo del patrón mited, lo cual ha sido llamado *patrón mited alto*: parecido al patrón bicolor (estos felinos son inscritos en las exposiciones como bicolors), con posiblemente menos de 1/3 de blanco en la espalda, ocasionales manchas en las extremidades, y blanco en la parte ventral del cuerpo que se extiende hasta la cara en forma de V. Todos los genotipos restantes producen Ragdolls con mayor cantidad de blanco, los cuales son inscritos en las exposiciones como Ragdolls bicolor, aunque su patrón no es el ideal en función de la norma racial. Los Ragdolls Ss^m tienen el así llamado patrón blanco medio-alto, usualmente con más de 1/3 blanco en la espalda, la V invertida en la cara, extremidades y vientre blancos y con el rompimiento ocasional de las manchas blancas en las extremidades. Finalmente, los Ragdolls SS tienen el patrón blanco *alto*, lo cual es nada menos que el patrón Van. Realmente, el alelo bicolor no actúa solamente en Ragdolls, sino en todas las otras razas, y sus fenotipos pueden ser vistos en todas las razas donde el bicolor es reconocido (exceptuando en Birmanos, donde no son deseados porque un tipo diferente del patrón mited es requerido). La razón para lo que ha sido estudiado más extensivamente en Ragdolls es que la norma de esta raza ha detallado la descripción de varios patrones reconocidos. Pero es extremadamente probable que el patrón Van de otras razas, como el Van Turco, se obtiene precisamente por el mismo genotipo.

Problema. Pruebe si las probabilidades de patrón blanco en las cruces de Ragdolls es como sigue:

- punto de color x punto de color: 100% - punto de color
- punto de color x mited: 50% - punto de color, 50% mited
- punto de color x bicolor: 50% - punto de color, 50% bicolor
- mited x mited: 50% mited, 25% - punto de color, 25% mited alto
- bicolor x bicolor: 50% bicolor, 25% - punto de color, 25% blanco alto
- mited x bicolor: 25% punto de color, 25% mited, 25% bicolor, 25% blanco medio-alto
- punto de color x mited alto: 100% mited
- punto de color x blanco medio-alto: 50% bicolor, 50% mited

- punto de color x alto blanco: 100% bicolor
- mitted x mitted alto: 50% mitted, 50% mitted alto
- mitted x blanco medio-alto: 25% mitted, 25% bicolor, 25% mitted alto, 25% medio-alto blanco
- mitted x blanco alto: 50% bicolor, 50% blanco medio alto
- bicolor x mitted alto: 50% mitted, 50% blanco medio-alto
- bicolor x blanco medio-alto: 25% mitted, 25% bicolor, 25% blanco medio-alto, 25% blanco alto
- bicolor x blanco alto: 50% bicolor, 50% blanco alto
- mitted alto x mitted alto: 100% high mitted
- mitted alto x blanco medio alto: 50% mitted alto, 50% blanco medio alto
- mitted alto x blanco alto: 100% blanco medio alto
- blanco medio alto x blanco medio alto: 50% blanco medio alto, 25% alto mitted, 25% alto blanco
- blanco medio alto x blanco alto: 50% blanco medio alto, 50% blanco alto
- blanco alto x blanco alto: 100% blanco alto

El gen blanco

La transmisión del blanco se debe al gen de la **W**, lo que produce completa despigmentación de todo el cuerpo. Esto resulta en una capa de pelo enteramente blanco, con la piel de la nariz y los cojincillos de las patas rosados. El color de ojos puede ser afectado. Si es así, entonces uno o ambos ojos son azul o azul pálido, y el gato puede ser sordo en el lado correspondiente al ojo azul. El alelo recesivo **w** no causa la despigmentación, le concede el color. El gen **W** es epistático sobre todos los genes de color. En particular, la **W** es epistático sobre **S**: Un felino genéticamente blanco puede llevar también las manchas blancas, lo que obviamente no puede ser visto en su fenotipo. Ya que **W** es epistático, todos los gatitos de un homocigótico blanco son blancos. Por otra parte, un blanco heterocigótico cruzado con un felino de cualquier color sólido que no sea blanco tiene gatitos blancos y no-blancos con iguales probabilidades :

	W	w
w	Ww	ww
w	Ww	ww

Blancos

Consideremos un ejemplo con detalle: la cruce de un macho blanco heterocigótico portador de negro homocigótico y heterocigótico bicolor (**Ww Ss BB o- DD**) con una hembra tortie y blanco heterocigótica para bicolor y portando la dilución maltés (**ww Ss BB Oo Dd**). Omitimos el locus **B** en la tabla porque no viene al caso: ambos padres son **BB** heterocigótico, y todos sus gatitos serán iguales (todos **BB**). La mitad izquierda de la tabla contiene los genotipos de los gatitos blancos (50 %). La parte superior de la mitad derecha y la mitad izquierda de la cuarta parte restante contiene los genotipos de los gatitos bicolor (37.5 %). El bloque restante de 4 por 2 en la esquina inferior derecha se refiere a los gatitos sin blanco: la mitad de ellos es negro, 1/4 es rojo y 1/4 es [tortie (hembras)].

	<i>WSoD</i>	<i>WS - D</i>						
<i>wSOD</i>	WwSSOoDD	WwSSO-DD	WwSsOoDD	WwSsO-DD	wwSSOoDD	wwSSO-DD	wwSsOoDD	wwSsO-DD
<i>wSOd</i>	WwSSOoDd	WwSSO-Dd	WwSsOoDd	WwSsO-Dd	wwSSOoDd	wwSSO-Dd	wwSsOoDd	wwSsO-Dd
<i>wSoD</i>	WwSSooDD	WwSSo-DD	WwSsooDD	WwSso-DD	wwSSooDD	wwSSo-DD	wwSsooDD	wwSso-DD
<i>wSod</i>	WwSSooDd	WwSSo-Dd	WwSsooDd	WwSso-Dd	wwSSooDd	wwSSo-Dd	wwSsooDd	wwSso-Dd
<i>wsOD</i>	WwSsOoDD	WwSsO-DD	WwssOoDD	WwssO-DD	wwSsOoDD	wwSsO-DD	wwssOoDD	wwssO-DD
<i>wsOd</i>	WwSsOoDd	WwSsO-Dd	WwssOoDd	WwssO-Dd	wwSsOoDd	wwSsO-Dd	wwssOoDd	wwssO-Dd
<i>wsoD</i>	WwSsooDD	WwSso-DD	wWwssooDD	WwssO-DD	wwSsooDD	wwSso-DD	wwssooDD	wwssO-DD
<i>wsoD</i>	WwSsooDd	WwSso-Dd	WwssooDd	WwssO-Dd	wwSsooDd	wwSso-Dd	wwssooDd	wwssO-Dd

En este momento, el lector debe ser capaz de completar las tablas para las cruces típicas de los felinos con los genes de la **S** y **W**, como en los problemas siguientes. Seguramente debe también ser capaz de encontrar las respuestas sin escribir las tablas.

Problema. *La camada de una hembra fawn consiste de un blanco y dos bicolores, lilac/blanco y fawn/blanco respectivamente. ¿Cuáles son los posibles colores del padre, y qué genes de color puede él portar? (Haga caso omiso a los colores no discutidos hasta ahora).*

Problema. *1. ¿Cuáles son los colores de los gatitos (y sus probabilidades) cuando un azul/blanco homocigótico para azul y heterocigótico para bicolor se cruza con un lilac/blanco homocigótico para lilac y heterocigótico para bicolor?*

2. ¿Cómo puede responder la pregunta previa si el felino azul/blanco, en lugar de ser homocigótico para azul, porta también lilac?

El patrón tabby. Hasta ahora consideramos los genes del color entero o el particular. Ahora voltaremos nuestra atención a la genética de los tabbies o atigrados. En cada tabby (o, también llamado, agutí) el pelo lleva varias bandas de color. Mientras que cada pelo crece, las células productoras de pigmento en su base alternadamente realizan dos fases. En una fase, el pigmento del color intenso - de forma casi esférica - es producido. En la otra fase, el pigmento es más alargado, y se ve más claro y más rojizo. Este fenómeno es activado por el gen del agutí, **A**. Su alelo recesivo, **a**, no concede ningún pelo agutí, y es por lo tanto la razón genética del pelo color sólido. El gato tabby debe ser visto como la expresión natural. Realmente, el alelo no-agutí (**a**) refuerza la producción de color intenso, llenando entonces las bandas agutí con color sólido. Así, el alelo **A** permite al agutí natural mostrarse.

En las áreas del cuerpo específicas, el patrón hace el pelo agutí. En el resto las

bandas del pelo agutí son llenadas con todo el color (exactamente lo que ocurre por todas partes en el no-agutí, los felinos de color sólido). Estas últimas áreas son las llamadas marcas atigradas o tabbies. Existen tres principales patrones tabby: ticked, macarel y clásico (o blotched, en la terminología de algunas asociaciones). Los tres tienen las mismas marcas en cara y frente. El patrón ticked, como en el Abisinio, no tienen ninguna marca excepto en la cabeza (y ocasionalmente en las piernas y cola, en menos que el ideal patrón ticked): todos los otros pelos tienen las bandas del agutí. El patrón macarel tiene líneas paralelas en el cuerpo, pierna y cola. El patrón clásico tiene marcas gruesas en espiral en los lados del cuerpo como ojos de buey o forma de mariposa. Estos tres patrones son producidos por tres alelos del gen atigrado, cuya (parcial) dominancia es como sigue. Ticked (T^a) es dominante. El macarel (T) es el recesivo respecto a ticked pero dominante sobre clásico. El clásico (t^b) es recesivo. Existe otros tres patrones. Uno es el patrón moteado, donde las líneas se convierten en motas, a menudo arregladas a lo largo de l cuerpo como las líneas del macarel. El nivel de dominancia del moteado y del macarel es el mismo, y se cree son producidos por del mismo alelo tabby T , bajo la acción de un grupo de modificadores (poligenes). Algunas razas (por ejemplo la Bengala) muestran patrones moteados característicos, con motas de mayor tamaño y de forma de roseta no arregladas como el macarel. Es probable pero todavía no aclarado que también estos patrones moteados atípicos son producidos por el gen de la T modificado por los poligenes. Un segundo patrón, introducido recientemente al Bengala (gracias a su extraordinario grupo de genes heredados de su progenitor salvaje, el gato asiático leopardo) es el patrón mármol, reminiscencia del clásico pero con un muy alargado e irregular ojo de buey y formas espirales, líneas más gruesas y a menudo cerradas. Este patrón se cree es producido por el gen tabby clásico t^b bajo la acción de los modificadores, o por otro gen t^m a dominancia parcial. Finalmente, existe el patrón agutí, muy parecido al ticked y producido por el mismo gen, pero con collares y barras tabby (anillos) en las piernas y cola (como en el Singapura).

En los gatos eumelanísticos, los genes del agutí actúan no solamente en la capa de pelo, sino también en la piel de la nariz, convirtiéndolo en rojo ladrillo (en los tabbies café) o varios tonos de rosa, todos con un borde coloreado con el color base.

Los genes agutí y tabby ocupan un locus diferente. El llenado causado por el gen agutí es epistático sobre la acción de los genes tabby. Esto es, un gato de color sólido lleva su patrón tabby, y puede transmitirlo genéticamente. Es fácil dar testimonio de esto: las marcas tabby visibles son vistas a menudo en gatitos negros (o humo, ver más adelante) antes de alcanzar su total pigmentación. Aún después de que la pigmentación sea completa, un felino negro bajo luz intensa muestra un reflejo diferente en las áreas que han sido llenadas por el gen a , de este modo se muestra el patrón subyacente.

La dominancia del alelo tabby sobre otro es solamente parcial. Por ejemplo, un gato $T^a t^b$ tiene un patrón ticked sobrepuso a un tabby clásico. El consiguiente

patrón es ticked, pero puede tener una pobre uniformidad del ticking, y las marcas en las piernas, cuello y cola, parecido al patrón agutí. Antes de la pigmentación completa, los gatitos con este genotipo pueden mostrar el patrón clásico subyacente muy claramente. Algo similar acontece, por ejemplo, en los gatitos plata -humo $T^a T$ o $T^a t^b$, mostrando a menudo las marcas bien definidas que desaparecen con el crecimiento (las irregularidades en el ticking de adulto son enmascarados por el gen inhibidor, ver el capítulo sobre plateados más adelante.

La genética de los tabbies rojo y crema es del mismo modo. Sin embargo, el gen del no-agutí, mucho menos efectivo en los colores faeomelanísticos que en los eumelanísticos. Es por lo tanto improbable que las marcas tabby de los gatos rojo o crema sean canceladas por su acción. Algunos genetistas sostienen que un gen no actúa del todo en los colores faeomelanísticos, y la (parcial) cancelación de las marcas en el rojo sólido o el crema es sólo debido a los poligenes. En todo caso, una selección muy minuciosa es necesaria para reducir o cancelar las marcas tabby feomelanísticas. Por esto, es claro que para producir estas marcas es más importante la acción cumulativa de muchos genes (poligenes) que la acción única de un gen principal. Para comprender cuán leve puede el gen no-agutí actuar sobre el rojo, es suficiente ver los torties (o torties diluidos), donde casi siempre existen las marcas tabby en los parches rojos que desaparece en los parches negros.

La tabla siguiente hace referencia a la cría de un macho tabby café clásico que es homocigótico para agutí ($Aa BB o-DD t^b t^b$) y una hembra tortie portando la dilución maltés y los patrones ticked y macarel ($aa BB Oo Dd T^a T$). Ya que el padre tiene solamente dos genes heterocigóticos, la tabla tiene solamente cuatro columnas. Pero la madre tiene tres genes heterocigótico: la tabla necesita ocho filas.

	$At^b oD$	$At^b - D$	$at^b oD$	$at^b - D$
$aT^a oD$	$AaT^a t^b OoDD$	$AaT^a t^b O - DD$	$aaT^a t^b OoDD$	$aaT^a t^b O - DD$
$aT^a Od$	$AaT^a t^b OoDd$	$AaT^a t^b O - Dd$	$aaT^a t^b OoDd$	$aaT^a t^b O - Dd$
$aT^a oD$	$AaT^a t^b ooDD$	$AaT^a t^b o - DD$	$aaT^a t^b ooDD$	$aaT^a t^b o - DD$
$aT^a od$	$AaT^a t^b ooDd$	$AaT^a t^b o - Dd$	$aaT^a t^b ooDd$	$aaT^a t^b o - Dd$
$aTO D$	$AaTt^b OoDD$	$AaTt^b O - DD$	$aaTt^b OoDD$	$aaTt^b O - DD$
$aTO d$	$AaTt^b OoDd$	$AaTt^b O - Dd$	$aaTt^b OoDd$	$aaTt^b O - Dd$
$aTo D$	$AaTt^b ooDD$	$AaTt^b o - DD$	$aaTt^b ooDD$	$aaTt^b o - DD$
$aTo d$	$AaTt^b ooDd$	$AaTt^b o - Dd$	$aaTt^b ooDd$	$aaTt^b o - Dd$

La mitad izquierda de la tabla muestra los genotipos de los gatitos agutí. Note que estos gatitos no son tabby clásico, como consecuencia de los alelos tabby transmitidos por la madre-ticked o macarel - los cuales son (parcialmente) dominantes sobre el clásico. Este patrón de tabby es transmitido genéticamente por la madre aún cuando no es visible su fenotipo no-agutí. La dominancia parcial puede dar origen al patrón imperfecto en estos gatitos.

Problema. 1. Cuáles son los colores (y sus probabilidades) de los gatitos de un tabby clásico café **Aa tbtb BB DD** y un tabby macarel azul **Aa Ttb BB dd**?

2. ¿Como contestaría la pregunta si el tabby clásico café es heterocigótico para la dilución maltés?

Los colores plata (humo, sombreado, tabby plata). Ahora hablaremos de los colores plata: humo, tabby plata, plata sombreado y chinchilla (y sus equivalentes faeomelanísticos, llamados cameos en algunas Asociaciones). En estas clases de color, la capa de pelo es despigmentada en la base, blanco plateado sin ningún tono amarillento. Pero en algunos tabby plateados, el pelo está pigmentado a todo lo largo hasta la raíz en las áreas marcadas de tabby. Las áreas agutí de un tabby plata son plata pálido, con alto contraste para las marcas. Un chinchilla ideal no tiene ninguna huella de las marcas tabby, solamente los extremos o puntas del pelo son coloreados (*tipping*). La misma descripción se toma para los plata sombreados, pero el color de las puntas del pelo se extiende aproximadamente un tercio de la longitud del pelo (algunas veces un poquito menos). La capa de pelo de los humo tiene una base plateada comprendiendo entre un tercio y la mitad del pelo (aproximadamente); el resto es coloreado.

La teoría de un-gen

Hace tiempo, se pensaba que un solo gen principal era el responsable de todos los colores plata. Este gen fue llamado el gen *inhibidor*, simbolizado por **I**, y se pensaba inhibía la producción del pigmento y también cancelaba el tono amarillento (las sombras de color rojizo de los felinos eumelanísticos, particularmente en las áreas agutí de los tabby café). Así es como un gen único puede dar tantos colores diferentes.

Los humo son los gatos no agutí cuya color se desvanece y decolora en la base del pelo a causa de la acción del gen **I**. El color de la base es blanco plata, uniformemente alrededor de todo el cuerpo. La pigmentación es inhibida en un tercio de la longitud del pelo, en algunos gatos en la mitad.

Todos los otros plata son agutí. Los plata sombreados y los chinchillas tienen el patrón ticked. El gen **I** cambia el color del pelo plata en su base, pero sin su acción, el pelo todavía tendría bandas agutí más claras con pigmentación menos intensa. Sin embargo, el gen **I** cancela todos los tonos rojizos de estas bandas, haciéndolos plateados también. Estos dos efectos de plateado se sobreponen y hacen que el pelo se torne plateado aproximadamente dos terceras de su longitud si el gen **I** actúa suavemente (plateado sombreado), y a todo lo largo excepto en la punta (la última banda aguti de color) si actúa fuertemente (chinchillas). El hecho de que los chinchillas eumelanísticos y los plateados sombreados sean agutí es también evidente por el rojo ladrillo (o rosa fuerte) de la piel de la nariz, rodeada con una línea oscura como es típico de los tabbies

Finalmente los tabbies plateados son agutí con patrón clásico o macarel/moteado.

Naturalmente, el gen **I** actúa más eficazmente en las áreas agutí que en las marcas tabby. Esto produce un patrón tabby muy marcado, con un buen contraste de las áreas de color base.

Pero ahora veremos que el modelo genético para los tabbies plateados no puede ser satisfactoriamente explicado en función de un solo gen. Realmente, si un gen fuera responsable de los colores silver, entonces no solamente los humos, sino también las marcas tabby de los tabby plateados deben ser decolorados en la base del pelo. Algunas veces vemos los tabbies plateados parecidos a esto, pero muchas otras marcas tabby están coloreadas plenamente hasta la raíz. El genetista Roy Robinson, en su bien conocido libro *Genética para criadores de gatos* (Cambridge, 1972, 2^{da} edición), sugiere que el color que ocurre en las marcas tabby vence la acción inhibitoria del gen **I** pero esto no es convincente, porque lo contrario es verdadero en los humo, donde la acción de llenado de color del no-agutí ocurre sobre todo el cuerpo. De todos modos, la teoría de Robinson no da una explicación por qué las marcas atigradas son plata en la base en algunos tabby plateados.

La teoría de dos genes

Las teorías más recientes -ver los artículos de J. Jerome, TICA Trend vol. 13 n. 6 (dec. 1992/jan. 1993), pág. 14 y el Anuario TICA 12 (1991), pág. 218- sostiene que los colores plateados resultan de la acción combinada de dos genes, uno de los cuales (*borrador*) inhibe la pigmentación en la base del pelo, mientras que el otro (*blanqueador*) cancela los tonos amarillentos. Podemos llamar a este último " gen plateado ", y simbolizarlo **Sv**. El gen borrador será denotado por **I**, pero el lector debe saber que algunos libros recientes lo simbolizan **Sh** la forma leve del gen **I**, que da origen a los plata sombreados, y por **Ch** su forma fuerte, que da origen a los chinchillas. No existe suficiente evidencia de que estas dos expresiones de **I** se deban a dos alelos diferentes en vez de un grupo de poligenes . Realmente, la transición de sombreado plateado a chinchilla es en forma gradual más que marcado. Por esto, no hacemos el uso de dos alelos diferentes **Sh** y **Ch**, y no distinguimos entre los genotipos sombreado plateado y los chinchillas (por lo que a los principios de los genes Mendelianos se refiere). Pero el lector puede adaptar fácilmente los resultados nuestros a la notación **Sh/Ch**, si así lo desea.

Es ahora fácilmente llenar la lista de genotipos de varios colores plateados con la teoría de dos genes:

Humo: **aa I- Sv -**

Plata sombreado y chinchilla: **A- T^aT^a I- Sv -**

Tabby macarel plateado/moteado:

A- TT I- Sv - si la base del pelo en las marcas tabby es plateada (tabby plateado shell o sombreado, de acuerdo a lo más o menos de la cantidad de plateado del pelo)

A- TT ii Sv - si la base del pelo en las marcas tabby es

coloreada, no plateada

Tabby clásico plateado:

$A- t^b t^b I- Sv-$ si la base del pelo en las marcas tabby es plateada (tabby plateado shell o sombreado) de acuerdo a lo más o menos de la cantidad de plateado del pelo)

$A- t^b t^b ii Sv-$ si la base del pelo en las marcas tabby es coloreada, no plateada.

En esta lista de genotipos, los genes tabby son presumiblemente homocigóticos en los sombreados y los chinchillas y en los tabby plateados macarel y moteados ya que la dominancia de los genes tabby es solamente parcial. Por ejemplo, el genotipo $T^a T$ produce un patrón parcialmente híbrido, con un ticking parcialmente sobrepuesto al macarel (particularmente en las piernas y la cola, pero a menudo también en los flancos). El resultado es probable que sea uniformemente pobre en las puntas del pelo en los plata sombreados y los chinchillas. Estos gatos son registrados como plata sombreados o chinchillas, pero su color no es ideal.

Un tabby plata puede tener un excelente contraste entre el color de fondo y las marcas tabby aún sin el gen borrador I . Realmente, el gen del decolorador Sv transforma las bandas agutí rojizas en las áreas del color base en un blanco platinado. Por esto estas áreas se ven plateadas y muy ligeras y claras. Además, si I no está presente, entonces las marcas tabby son coloradas intensamente a todo lo largo hasta la raíz. Este otro contraste se acrecenta, particularmente en los tabbies negro y plata, donde la ausencia de los tonos amarillentos hace al negro verse más intenso.

Otros colores predichos por la teoría de dos- genes; dorados.

Considere lo que ocurre si en los genotipos sombreado y chinchilla el gen borrador es descartado. El genotipo se convierte en $A-T^a T^a ii Sv-$. Fenotípicamente, debemos tener tabby ticked plata el cuál no es sombreado, esto es, que tiene una banda coloreada cerca de la piel. Hasta donde sabemos, gatos como estos nunca se han visto (ver los comentarios adicionales más adelante). Si hacemos lo mismo para los humo, entonces obtenemos $aa ii Sv-$, lo cuál corresponde fenotípicamente a gatos no-aguti sin tonos amarillentos (esto es, sin los tonos rojizos en los colores eumelanísticos, y sin los tonos cálidos en los faeomelanisíticos). Estos gatos pueden resultar de la cruce de plateados los cuales son heterocigóticos para el gen I . En la segunda generación la cría puede tener el genotipo $ii sv sv$. De este modo obtenemos gatos de un solo color de una línea de cría de humos (non-agutí), y tabbies ticked de una línea de sombreados plata o chinchillas (digamos, agutí homocigótico $AA T^a T^a$). Este último es el color del Abisinio. Sin embargo, uno no puede esperar obtener gatitos tabby ticked con los tonos amarillentos del Abisinio de padres heterocigóticos $Ii Sv sv$ sombreados o chinchilla. Realmente, todo las

sombreados plata y chinchillas son seleccionados sin tonos amarillentos, esto es, a favor de los poligenes sin tonos amarillentos.

Pero, cruzando entre sí chinchillas o plata sombreados heterocigóticos para **Sv** y portadores del gen borrador **I**, podemos obtener gatitos con el genotipo **I- sv sv**. Estos son tabby ticked con la base del pelo más pálida, pero sin el tono blanco producidos por el alelo **sv** (aún, sin los tonos rojizos, como una consecuencia de la selección poligénica contra los tonos amarillentos en las líneas de los sombreados o los chinchillas). La base del pelo es más bien dorada que café rojizo. En las versiones eumelanísticas, estas clases de color son llamadas *sombreados dorados*. Las versiones faeomelanísticas correspondientes son fenotípicamente parecidas al tabby ticked rojo (crema), y no son reconocidos en su propia clasificación de color. Similarmente, podemos tener los tabbies *dorados* cruzando entre sí tabbies plata heterocigóticos para el alelo **Sv**. Comparemos los genotipos tabby dorado y café:
Sombreado dorado y chinchilla dorado (shell dorado): **A- T^a T^a I-sv sv**

Makarel dorado/tabby moteado : **A-TT I-sv sv** (aquí la raíz del pelo en las marcas tabby está despigmentada: tabby dorado shell o sombreado, según la cantidad más alto o más baja de la pigmentación)

Makarel café/tabby moteado : **A-TT ii svsv** (la raíz del pelo en las marcas tabby no está despigmentada)

Tabby dorado clásico : **A- t^bt^b I- sv sv** (aquí de nuevo la raíz del pelo en las marcas tabby están despigmentadas: tabby dorado shell o sombreado de acuerdo a lo alto o lo bajo de la cantidad de pigmentación)

Tabby clásico café : **A-t^b t^b ii sv sv** (la raíz del pelo en las marcas tabby no está despigmentada).

Las consecuencias insatisfactorias de la teoría de dos genes

El lector debe ser advertido que la teoría de dos genes no es completamente satisfactoria. Realmente, predice algunos fenotipos nunca vistos hasta ahora. Por ejemplo, genotipo **aa I- sv sv** debe ser un " dorado ", o sea, un humo con dorado en lugar de color plata en la base del pelo. Pero nadie ha visto nunca un no-agutí dorado. Para ser consistente con la teoría de dos genes, uno puede asumir que el alelo **sv** es inactivado en los felinos no-agutí. Si es así, sin embargo, observe que los genotipos de los gatos el color sólido eumelanístico sin tonos amarillentos difieren del correspondiente gato de tonos amarillentos solamente a causa de los poligenes. Hemos encontrado otra consecuencia dudosa para plateados (no dorados). El genotipo **A-T^a T^a ii Sv-** debe corresponder para plateados que no son sombreados. Esto es, para plateados sin la inhibición del pigmento en la base del pelo, y con el patrón ticked. Hemos visto que el gen **I** transforma las bandas agutí en bandas plateadas. Uno puede ver fácilmente varias bandas alternadas plateadas

y negras en las áreas agutí de tabbies macarel y clásicos negro y plata los cuales no están despigmentados en la base del pelo. Pero los tabby ticked deben tener estas bandas alternas alrededor del cuerpo. Tales gatos no han sido observados, hasta donde sabemos. Quizás podemos asumir que el alelo **Sv** es activo solamente en presencia del gen **I**, y realmente modifica y refuerza el efecto del gen **I**.

Las dos suposiciones adicionales hechas anteriormente para "salvar" la teoría de los dos genes sirven para decir que la serie alélica **Sv/sv** es activada por el alelo **I**. Ninguna búsqueda experimental ha sido hecha hasta ahora para soportar esta conjetura.

La teoría del modificador dorado epistático

Bajo la suposición de la sección previa, la teoría de los dos genes se vuelve matemáticamente equivalente para otro modelo genético el cual ha sido introducido tiempo atrás. Este modelo explica la existencia de los dorados asumiendo una acción epistática sobre **I** de un segundo gen **g** (similarmente a lo que se hace para explicar la dilución maltés por la acción epistática del alelo **d** sobre el gen **B** y su serie alélica). El otro alelo **G** no tiene ninguna acción (ninguna pigmentación de oro en la base del pelo).

Finalmente, es importante comprender que el gen **Sv** cancela el tono amarillento en los colores eumelanísticos, mucho menos en los faeomelanísticos. La punta del pelo de algunos humo rojos y sombreados plateados rojos es bastante colorida (particularmente en el humo rojo).

La teoría [dorado = tabby ticked cafe]

Otro modelo genético que ha sido considerado sencillo identifica los dorados sombreados con los tabbies ticked (realmente, debemos decir "tabby agutí", que es el nombre oficial de TICA para la versión del patrón ticked sin las rayas en las piernas, pero concordaremos para usar el término "tabby ticked" aquí, lo cual es más representativo del nombre del alelo tabby dando origen a este patrón, y más a menudo utilizado en otras Asociaciones. Debido a que la pigmentación es dependiente de la temperatura, el color de la capa es usualmente más claro cerca de la piel. Esto es verdad para todos los gatos, incluyendo los tabby ticked (jabra la capa de pelo de un Abisinio!). Por consiguiente los fenotipos dorado y tabby ticked son a menudo muy similares. Esta teoría es muy atractiva, porque responde muchas de las preguntas inexplicadas por la teoría de un sólo gen y la teoría de dos genes. Lo único que esta teoría no explica es por qué algunos tabby ticked son solo poco despigmentados en la base de la capa de pelo mientras que en otros (a saber, los dorados) es más despigmentada. Pero este puede ser el resultado de un grupo de piligenes. Realmente, los dorados son el resultado de la cruce de plata sombreados y líneas de chinchilla, y estos gatos son ciertamente seleccionados por la posible cantidad máxima de depigmentación, no solamente del gen inhibidor sino también de los poligenes de despigmentación. Por lo tanto, dos chinchillas o plata sombreados heterocigóticos para el gen inhibidor pueden producir gatitos

tabby ticked despigmentados en la base del pelo, parecidos a los dorados. Aún, añadiremos la teoría de los dos genes, porque es la más satisfactoria explicando la existencia de los dos tipos de tabby plateados: los tabbies plateados con las marcas coloreadas a todo lo largo hasta la raíz y aquellos con las marcas despigmentadas en la base del pelo. Pero por cada rasgo fenotípico, el modelo genético que identifica a los dorados con los tabby ticked produce las mismas probabilidades de la teoría de dos genes, y es un modelo muy aceptado e interesante (el hecho de que los dorados tienen ojos de diferente color que los tabby ticked es explicado más tarde al final este capítulo).

La teoría del gen de banda ancha

Continuemos esta presentación de los diferentes modelos genéticos para plateados y dorados introduciendo un modelo alternativo el cual hace el uso de dos genes, pero con una acción diferente que en la teoría de dos genes (vea las contribuciones de H. Lorrimer en *Internet Fancier's List* , en Marzo y Abril 1995). Realmente, uno de los genes sigue siendo el gen plata el cual cancela el tono amarillento. El otro es un gen dominante el cual hace más amplias las bandas agutí , denotado por **Wb** (banda-ancha en inglés). Sin embargo, la variación gradual en la longitud del color del extremo del pelo parece sugerir que la banda-ancha es el efecto de un grupo de poligenes. Esta teoría resuelve plenamente el problema de la no existencia de los humo dorados (¡el gen de banda ancha sólo actúa en los gatos agutí, naturalmente!), pero no puede explicar el fenotipo de los humo, que no son sólo sin tonos amarillentos, sino también despigmentados en la base del pelo, y no obstante no agutí. Sin embargo, existe una muy interesante variante de la cuál trabaja muy bien: lo describimos a continuación.

La teoría (dorados=tabby ticked café + modificadores de banda ancha): finalmente tenemos un modelo genético comprensivo para los humo, plateados y dorados.

Retornemos a la teoría que identifica el color de pelo dorado sombreado con el patrón tabby ticked (tabby agutí en TICA). Hasta ahora, esta es la teoría más convincente que hemos visto, excepto por el hecho crucial que no permite la depigmentación parcial en la base del pelo, un rasgo crucial en el fenotipo de los dorados. Pero los gatos registrados como dorados muestran niveles variados de depigmentación, y algunos tienen depigmentación casi inexistente... Esto nos lleva a considerar la posibilidad de que la depigmentación en los dorados no es consecuencia de un gen principal, cuya acción es aguda (o despigmentado o todo color). En cambio, la depigmentación de los dorados puede ser la consiguiente acción de un conjunto de poligenes, con efecto gradual (y algunas veces, casi nulo...). Pero entonces, tenemos ya un candidato hermoso para este grupo de poligenes: los modificadores de banda ancha introducidos en la sección previa.

Ahora, los dorados sombreados deben ser sólo tabbies ticked con banda-ancha acrecentada (excepto por el color de ojos: lo veremos más tarde). Si es así, entonces todo está resuelto: todos los dorados son tabbies (¡no dorados humo!), y parcialmente despigmentados en la base (con la cantidad de la depigmentación que varía en los diferentes gatos según el efecto de los poligenes de banda ancha). Naturalmente, esto asume que los dorados sombreados perfectos aparecerán cuando se crucen sombreados plateados los cuales son heterocigóticos para plata y homocigóticos para el patrón tabby ticked. ¿Qué sucede si los plata sombreados son heterocigóticos para el gen tabby ticked también? Por ejemplo, ellos pueden ser portadores del macarel. Entonces, si los padres no fueran sombreados sino tabbies café, debemos ver las rayas tabby en sus piernas, porque el alelo ticked es incompletamente dominante sobre el macarel. Ellos son plateados sombreados, y sus marcas estarán allí, pero más tenues. Realmente, algunos plata sombreados muestran rayas tabby más tenues en las piernas. ¡Pero sus gatitos dorados son tabby café! Los gatitos portadores del factor macarel tendrán visibles rayas tabby en las piernas, una característica muy indeseable en los dorados sombreados, pero frecuentemente observada. Por otra parte, los modificadores de banda ancha transforman los otros patrones tabby (moteado, macarel y clásico) dentro de los colores tabby dorados, respectivamente tabby dorado moteado, tabby macarel dorado y tabby clásico dorado. En estas variedades del color, las áreas del agutí son parcialmente despigmentadas en la base y tienen cálidos colores durazno. Así, en este escenario, tenemos una teoría convincente para dorados. ¡Pero debemos revisar y cambiar nuestra teoría para plateados! En vez de los dos genes para plateado, uno para la despigmentación y el otro para plateado, ahora debemos usar solamente un gen, el que produce el plateado y una despigmentación consecuente, como se observó, por ejemplo, en los humo. No introdujimos un gen principal separado (borrador) responsable para despigmentación pero no para plateado, si no, como ya se ha visto, la teoría podría predecir los humo dorados inexistentes, esto es, colores despigmentados no agutí no amarillento en la base de la capa de pelo. Por otra parte, parece a simple vista que perdemos la hermosa explicación que la teoría de dos genes estipuló el hecho de que las marcas tabby de algunos tabby plateados están despigmentadas en la base del pelo y aquellos que no están despigmentadas en esas áreas. Pero esto no es así: la cantidad variante de la despigmentación en las marcas puede ser explicada como una consecuencia de los modificadores similar al de los modificadores de banda ancha, cuya acción gradual está confinada a los gatos tabby. Abusando de la notación, podemos pretender que estos modificadores adicionales pertenecen al mismo grupo de poligenes de los modificadores de banda ancha (aunque, en principio, no debemos, porque ellos actúan en las áreas de las marcas, mientras que los modificadores de banda ancha actúan en las áreas agutí). Bajo este punto de vista, es claro que este modelo genético nuevo consiste en mantener el borrador, o inhibidor, el gen I (ahora considerado de nuevo responsable del borrado y plateado, como en la teoría de un solo gen) y de reponer

el gen plateado **Sv** con un grupo de poligenes, que denotaremos por **Wb** (banda ancha en inglés). ¡Lo que es particularmente bueno es el hecho que la acción gradual de los modificadores de banda ancha pueden ser responsables también de la diferencia entre los plata sombreados y el fenotipo del chinchilla! Sin embargo, estos son poligenes, y por esto ellos no son sometidos a las simples leyes mendelianas de genes principales: para seguir las matemáticas de este modelo, necesitamos algunas estadística, cuyos resultados sutiles no son fácilmente vistos en los fenotipos. Por esto no seríamos capaces de explicar todos los resultados por medio de las tablas simples.

El color de ojos de los sombreados plata y de los dorados: ¿un ejemplo de la persistencia?
Observemos que los dorados y los tabby ticked son muy similares. Sin embargo, el color de ojos usualmente en los tabby ticked es cobre (persas) u oro, o color avellana o verde (abisinios). En los chinchillas eumelanísticos y en los sombreados plata el color de los ojos es esmeralda o azul-verdoso, mientras que es cobre u oro en los faeomelanísticos. Con las cruza adecuadas y la selección los ojos color cobre se han introducido en chinchillas eumelanísticos y en los sombreados plata. El standard correspondiente, llamado pewter, es reconocido en la mayoría del asociaciones felinas europeas, pero todavía no en TICA.
La diferencia entre los estándares del dorado y el tabby ticked eumelanístico es ligera en el color del pelo, pero obvio en el color de los ojos (esmeralda contra cobre). Los tabby plateados tienen ojos verde o verde amarillento, el verde es el preferido (la mayoría de las asociaciones europeas aceptan también el color cobre). Los sombreados plata faeomelanísticos y los tabby plateados tienen los ojos cobre, y los correspondientes torties tienen ojos cobre o esmeralda (en los torties sombreados) o verdes (en los torbies plateados), el cobre se prefiere.
Los pewters prueban que el color de ojos esmeralda de las sombreados plata no es presentado por los genes plata. Para una extensión grande, el color de los ojos es dominado por un gen mendeliano principal (aunque los poligenes están ciertamente involucrados), no obstante, los sombreados plata eumelanísticos con ojos cobre no surgen frecuentemente. Por esto, aún cuando el color de ojos y pelo es dominado por genes independientes, sus probabilidades no son independientes. Un eslabón persistente entre el color de ojos y pelaje toma lugar en los sombreados y chinchillas. Una explicación posible de este eslabón puede ser dado asumiendo que los genes principales responsables para plateados y para el color de ojos esmeralda están localizados en el mismo cromosoma, y así ambos o ninguno es transmitido genéticamente. Este fundamento es llamado persistencia, y cambia la probabilidad de unión de la transmisión hereditaria. Para romper el eslabón un caso improbable debe ocurrir: la combinación genética (esto es, el intercambio molecular) entre el cromosoma portador de los dos genes y su cromosoma par, durante la fase de contacto cercano antes de los meiosis.

El gen **I** (y, para quienes escogen adoptar la teoría de dos genes,

también el gen **Sv**) es epistático sobre la serie alélica **B**, el gen anaranjado y sus diluciones maltés. Esto es, plateado es epistático sobre colores enteros (ambos eumelanístico y faeomelanístico), pero no sobre blanco (**W**) y la mancha blanca (**S**). Realmente, ambos **S** y **W** son epistáticos sobre el plateado. Por ejemplo, en el fenotipo correspondiente para **W- B- A- T^a T^a I- (Sv-)** el blanco enmascara el sombreado plata, pero el color de los ojos puede ser azul (a causa de la acción del gen **W**) o esmeralda.

Permítanos considerar una cruce típica. Primero presentemos su tabla bajo el punto de vista de la teoría de dos genes. El padre, **Ww aa BB T^a Tⁱ sv sv**, es blanco heterocigótico, no-agutí, portador de negro homocigótico y un patrón ticked heterocigótico para macarel. La madre, **Aa BB T^a Tⁱⁱⁱ Sv sv**, es un sombreado plata heterocigótica para agutí, blanqueador y borrador, y portadora de macarel (bastante extraordinario en la vida real, porque, como ya observamos, un patrón tabby híbrido no produce los mejores colores sombreados plata). Como de costumbre, en la tabla omitiremos los genes homocigóticos **BB** comunes para ambos padres.

	<i>W a T^a i sv</i>	<i>W a T i sv</i>	<i>w a T^a i sv</i>	<i>w a T i sv</i>
<i>w A T^a I Sv</i>	WwAaT ^a T ^a Ii Sv sv	WwAaT ^a Tii Sv sv	wwAaT ^a T ^a Ii Sv sv	wwAaT ^a Tii Sv sv
<i>w A T^a I sv</i>	WwAaT ^a T ^a Ii sv sv	WwAaT ^a Tii sv sv	wwAaT ^a T ^a Ii sv sv	wwAaT ^a Tii sv sv
<i>w A T^a i Sv</i>	WwAaT ^a T ^a ii Sv sv	WwAaT ^a Tii Sv sv	wwAaT ^a T ^a ii Sv sv	wwAaT ^a Tii Sv sv
<i>w A T^a i sv</i>	WwAaT ^a T ^a ii sv sv	WwAaT ^a Tii sv sv	wwAaT ^a T ^a ii sv sv	wwAaT ^a Tii sv sv
<i>w A T I Sv</i>	WwAaT ^a Tii Sv sv	WwAaTTii Sv sv	wwAaT ^a Tii Sv sv	wwAaTTii Sv sv
<i>w A T I sv</i>	WwAaT ^a Tii sv sv	WwAaTTii sv sv	wwAaT ^a Tii sv sv	wwAaTTii sv sv
<i>w A T i Sv</i>	WwAaT ^a Tii Sv sv	WwAaTTii Sv sv	wwAaT ^a Tii Sv sv	wwAaTTii Sv sv
<i>w A T i sv</i>	WwAaT ^a Tii sv sv	WwAaTTii sv sv	wwAaT ^a Tii sv sv	wwAaTTii sv sv
<i>w a T^a I Sv</i>	WwaaT ^a T ^a Ii Sv sv	WwaaT ^a Tii Sv sv	wwaaT ^a T ^a Ii Sv sv	wwaaT ^a Tii Sv sv
<i>w a T^a I sv</i>	WwaaT ^a T ^a Ii sv sv	WwaaT ^a Tii sv sv	wwaaT ^a T ^a Ii sv sv	wwaaT ^a Tii sv sv
<i>w a T^a i Sv</i>	WwaaT ^a T ^a ii Sv sv	WwaaT ^a Tii Sv sv	wwaaT ^a T ^a ii Sv sv	wwaaT ^a Tii Sv sv
<i>w a T^a i sv</i>	WwaaT ^a T ^a ii sv sv	WwaaT ^a Tii sv sv	wwaaT ^a T ^a ii sv sv	wwaaT ^a Tii sv sv
<i>w a T I Sv</i>	WwaaT ^a Tii Sv sv	WwaaTTii Sv sv	wwaaT ^a Tii Sv sv	wwaaTTii Sv sv
<i>w a T I sv</i>	WwaaT ^a Tii sv sv	WwaaTTii sv sv	wwaaT ^a Tii sv sv	wwaaTTii sv sv
<i>w a T i Sv</i>	WwaaT ^a Tii Sv sv	WwaaTTii Sv sv	wwaaT ^a Tii Sv sv	wwaaTTii Sv sv
<i>w a T i sv</i>	WwaaT ^a Tii sv sv	WwaaTTii sv sv	wwaaT ^a Tii sv sv	wwaaTTii sv sv

La mitad izquierda de la tabla contiene los genotipos de los gatitos blancos. En la tercera columna, la primera celda consiste en sombreados plata, la segunda de sombreados dorados, la tercera de plateados no despigmentados en la base del pelo (no encontrados realmente: ver los comentarios sobre los aspectos insatisfactorios de la teoría de dos genes), el cuarto de tabbies ticked (desconocemos el color de los ojos aquí). Las siguientes cuatro celdas rinden los mismos colores, pero el patrón ticked es de hecho parcialmente un híbrido de ticked y macarel (a simple vista es parecido al ticked, a causa de la dominancia parcial de **T^a** sobre **T**). La novena celda consiste de humos, la décima de los misteriosos "humos dorados",

nunca visto pero predicho por la teoría de dos genes (ver de nuevo arriba por las dificultades en esta teoría). La onceava celda produce negros sólidos sin el color amarillento y la duodécima da los negros sólidos que puede tener algunas huellas de color amarillento . Las últimas cuatro celdas corresponden a los mismos colores; solamente los genes del patrón tabby son diferentes, pero ellos no tienen influencia en la apariencia de los gatitos porque el patrón es enmascarado por los genes no-aguti **aa**.

Discutamos ahora la última columna. Las primeras cuatro celdas producen los mismos colores que las celdas correspondientes en la tercera columna, excepto por una hibridación parcial del patrón ticked con macael, y lo mismo sucede para todas las celdas en la mitad inferior de la cuarta columna, donde, por otra parte, la hibridación no es visible porque estos gatitos son no-aguti (realmente, las últimas cuatro celdas en la base producen genotipos macarel más bien que híbridos, pero no obstante no visible en los fenotipos). Finalmente, la quinta celda de la cuarta columna consiste de tabbies plata macarel, la sexta de tabbies macarel dordos, la séptima para tabbies macarel plateados los cuales no son sombreados (estos tampoco han sido observados) y la octava para los tabbies macael dorados los cuales no son sombreados (nunca vistos, tampoco).

Ahora escribiremos la misma tabla bajo el punto de vista de la teoría comprensiva con un gen borrador del plateado, el gen inhibidor **I**. Naturalmente, no podemos incluir en la tabla el efecto de los poligenes, particularmente aquellos responsables de las bandas anchas en los gatos no-aguti.

	$W a T^a i$	$W a T i$	$w a T^a i$	$w a T i$
$w A T^a I$	$WwAaT^aT^aIi$	$WwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$
$w A T^a i$	$WwAaT^aT^aIi$	$WwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$
$w A T I$	$WwAaT^aT^aIi$	$WwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$
$w A T i$	$WwAaT^aT^aIi$	$WwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$	$wwAaT^aT^aIi$
$w a T^a I$	$WwaaT^aT^aIi$	$WwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$
$w a T^a i$	$WwaaT^aT^aIi$	$WwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$
$w a T I$	$WwaaT^aT^aIi$	$WwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$
$w a T i$	$WwaaT^aT^aIi$	$WwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$	$wwaaT^aT^aIi$

La mitad izquierda de la tabla contiene los blancos heterocigóticos, portando el aguti (mitad superior) o no (mitad inferior), y ticked, macarel o los patrones híbridos. Las filas corresponden, alternadamente, para los portadores de plata o no. La mitad derecha de la tabla contiene la misma información genética para los gatos sin el blanco. La mitad superior contiene los gatos aguti. En la primera fila, la penúltima columna muestra sombreados plata (o chinchillas), y la última columna muestra sombreados plata (o chinchillas) con el patrón del tabby híbrido (y por esto, toda probabilidad, con algunas marcas tabby indeseables en las piernas y la cola). Las celdas correspondientes a la segunda fila son del mismo color sin plateado: esto es, ticked atigrados (dorados, si el color del ojo es azul-

verdoso); observe los dorados con las marcas atigradas de la última columna. En la tercera fila, las mismas celdas dan, respectivamente, sombreados plata con patrón híbrido y tabbies macarel plata. En la fila siguiente, tendremos (pobre) ticked tabbies o dorados, y tabbies macarel, respectivamente. El cuarto extremo inferior derecho de la tabla se refiere a los gatos no agutí. El resto de las filas, disyuntivamente, humos y gatos sólidos. A simple vista se ve que esta descripción es simple y no introduce colores no explicados.

Problema. Cuales son los colores (y sus probabilidades) de los gatitos de un tabby plata $Aa t^b t^b Bb o-Ii Sv Sv$ y un tortie humo $aa Tt^b BB Oo Ii Sv sv$?

Las modificaciones siamés y burmés (sepia, mink, de punto); el gen Ojos

Azules. Todos los colores introducidos hasta ahora son colores plenos (posiblemente con depigmentación plata o dorada). Existe una familia de genes, llamada la familia del *albino*, los cuales actúa en la distribución del color y originan varios tonos e intensidad del color. La familia del albino consiste de un dominante, el alelo color lleno o total C , y varios más: el gen burmés c^b , el siamés c^s , el albino de ojos azules c^a y el albino de ojos rosa c . El gen burmés es parcialmente dominante sobre el alelo siamés. Ambos son dominante sobre c^a , el cuál es dominante sobre c . Los últimos dos genes son raros, y la evidencia experimental no es suficiente para averiguar si la dominancia de la c^a sobre c es total o parcial. El gen c^b hace la pigmentación más ligera: las células de pigmento se vuelven más largas, y el consiguiente color tiene tintes rojizos. En el gato ideal, las puntas (cabeza, orejas, piernas y rabo) deben ser del mismo color del cuerpo, pero debido a que la pigmentación está relacionada con la temperatura, las puntas son a menudo ligeramente más oscuras. Este grupo de colores (en varios eumelanísticos, faeomelanísticos o variantes de tortie) es llamado *sepia*. No decimos " sepia negro " sino " sepia foca ", o también "sable". Razas donde los colores aceptadas son únicamente sepia es el Burmés (sable, azul sepia, sepia chocolate, y así sucesivamente) y el Singapura (tabby ticked sable). El color de los ojos es también afectado por c^b . Por ejemplo, el Burmés tiene el color de ojos oro, o el Chartroux (verde-oro a amarillo-verdeoso), pero ni cobre ni verde.

EL gen c^s origina los colores de punto, como en el Siamés o el Himalaya el cuerpo es más claro (típicamente, marfil en los colores eumelanísticos oscuros, y blanco cremoso en los eumelanísticos más claros o faeomelanísticos). Las puntas son coloreadas intensamente, pero su color tiene sombras rojizas. Las puntas de un gato genéticamente de punto negro es café foca más bien que negro. Todos los colores tienen su contraparte de punto. El color de los ojos está también cambiado: es azul.

El genotipo $c^b c^s$ da origen a un fenotipo intermedio, donde las puntas son coloradas intensamente con tonos rojizos y el cuerpo es pálido con tonos similares.

El color en general es más pálido que en el Burmés y tiene menos contraste que en el siamés. Estos colores son llamados *mink*, y son típicos del Tonkinés EL color de los ojo es aguamarina (entre azul-verdoso y verde-azuloso).

Los últimos dos alelos son llamados albino. El gen c^a detiene la pigmentación completamente en el cuerpo y las puntas (las cuales se tornan blancas), y tienen los ojos azules. El gen c detiene completamente la pigmentación por todas partes: las puntas y el cuerpo son blancos, y los ojos son transparentes con un tinte rosado debido a los vasos sanguíneos de la retina.

La transmisión genética relacionada con el grupo albino es directa. Aquí esta un par de tablas, bastante obvio. Cruzando dos gatos de color sólido, uno portador de Burmés y el otro Siamés, se obtienen 25 % gatitos homocigóticos de color sólido, 25 % de gatitos color sólido portadores del gen Burmés, 25 % gatitos color sólido portadores del siamés y 25 % mink.

	C	c^b
C	CC	Cc^b
c^s	Cc^s	$c^b c^s$

En el segundo ejemplo, cruzamos un Siamés homocigótico con un Burmés portador de siamés y obtenemos 50 % gatitos de punto y 50 % mink (naturalmente, si los tipos del cuerpo y cabeza de los padres son Siamés y Burmés, los gatitos tienen tipos intermedios, lo que puede dar por resultado Tonkineses pobres).

	c^b	c^s
c^s	$c^b c^s$	$c^s c^s$

Finalmente, gatos de punto homocigóticos apareados con sepias homocigóticos el resultado es todos los gatitos mink.

Lo concerniente al azul de los ojos, vale observar que los ojos azules no solamente se presentan sólo en los genes c^s y en c^a (y W), sino también por un recientemente descubierto gen dominante Oa , cuya única consecuencia en el color son los ojos azules y el extremo de la cola blanco. Este gen es distintivo de una raza, Ojos Azules. Recientemente se ha descubierto que el gen de los Ojos Azules puede tener efectos peligrosos en la salud del gato, y los proyectos de su cría han sido abandonados.

Problema. Cuáles son los colores (y sus probabilidades) de los gatitos de un tabby café portador del siamés $Aa t^b t^b Bb o- Cc^s$ y un tortie mink café foca $Tt^b BB Oo c^b c^s$?

La genética de la estructura de la capa: pelo largo, rex, pelo de alambre y sin

pelo. Los toques somáticos dominados por los principios de los genes Mendelianos no están limitados al color del pelaje. Aquí consideramos la estructura de la capa de pelo. Ante todo, trataremos la longitud de la capa de pelo, controlado por un gen principal **L**, lo que da origen el cabello corto, y el alelo recesivo **l**, que representa el cabello largo. El efecto de la **l** es fortalecido o atenuado por un grupo de genes modificadores, para que la capa de pelo pueda tener muchos niveles de longitud (largo, semi-largo, y así sucesivamente). Por ejemplo, permítanos considerar la cría de un Persa **ll** con un Exótico de pelo corto heterocigótico para **L** (esto es, portador del pelo largo).

	<i>l</i>	<i>l</i>
<i>L</i>	L <i>l</i>	L <i>l</i>
<i>l</i>	ll	ll

Estadísticamente la mitad de los gatitos son Persas y la otra mitad Exóticos de pelo corto portadores del pelo largo. Note que los gatitos de pelo largo son genéticamente Persas, porque ellos tienen dos alelos de pelo largo y la parte del genotipo que domina la morfología es la misma para Exóticos y Persas. Esto entra en conflicto con las reglas de registro de una de las más grandes asociaciones de criadores de gatos, CFA.

Existen otros genes que dominan la textura de la capa de pelo. De interés particular es un grupo de genes que producen el cabello rizado. Es llamado la familia de los Rex, y consisten de el Cornish Rex gen **r**, el Devon Rex gen **re** y el Selkirk Rex gen **Rs**. Consistentemente con el uso letras minúsculas y mayúsculas, **r** y **re** son recesivas pero **Rs** dominante.

El gen Cornish produce pelo de una sola capa, consistiendo solamente de pelo corto, denso, suave pelo arreglado en suaves ondas paralelas. El gen Devon concede dos capas de pelo, pero ambos tipos de pelo son ondulados y débiles; el pelo es más esparcido que en el Cornish Rex. Las olas de cada pelo no se repite consistentemente, así la capa de pelo no sigue un patrón de ondas: el arreglo del pelo no tiene ningún orden particular. Finalmente, el pelo del Selkirk Rex consiste en pelo semi-largo rizado, cuya forma parece a un sacacorcho.

La genética de los genes rex es directa. Veamos algunos ejemplos. La mitad de los gatitos de un Cornish Rex macho y una hembra con la capa normal portadora del Cornish Rex tiene la capa del Cornish Rex, y la otra mitad tiene la capa normal (pero estos gatitos llevan la **r**):

	<i>R</i>	<i>r</i>
<i>r</i>	R <i>r</i>	r <i>r</i>

Similarmente, un Devon Rex cruzado con un gato con el cabello normal pero portador de **re** produce 50 % de los gatitos con la capa de Devon Rex, y 50 % con la capa normal (portando **re**):

	<i>Re</i>	<i>re</i>
<i>re</i>	Re <i>re</i>	<i>re re</i>

En nuestro último ejemplo, cruzamos un Selkirk Rex heterocigótico para **rs** con un gato con la capa de pelo normal (homocigótico para **rs**). Estadísticamente la mitad de los gatitos tienen la capa del Selkirk Rex; la otra mitad tiene la capa normal. ¡Obviamente, esta última *no* porta los genes del Selkirk Rex, ya que **Rs** es dominante!

	<i>Rs</i>	<i>rs</i>
<i>rs</i>	Rs <i>rs</i>	<i>rs rs</i>

Los tres genes rex ocupan un locus diferente, ya que obran como genes independientes. Por ejemplo, aquí está lo que ocurre cuando se aparean un Cornish Rex portador de Devon Rex (**rr Re Re**) con un Devon Rex no portador de Cornish Rex (**RR re re**): todos los gatitos tienen la capa normal, pero ellos portan ambos Cornish y Devon.

	<i>r Re</i>
<i>R re</i>	R <i>r Re re</i>

En la segunda generación, cruzamos los gatos obtenidos en el ejemplo previo, y obtenemos lo siguiente.

	<i>R Re</i>	<i>R re</i>	<i>r Re</i>	<i>r re</i>
<i>R Re</i>	RR Re Re	RR Re re	R <i>r Re Re</i>	R <i>r Re re</i>
<i>R re</i>	RR Re re	RR <i>re re</i>	R <i>r Re re</i>	R <i>r re re</i>
<i>r Re</i>	R <i>r Re Re</i>	R <i>r Re re</i>	<i>r r Re Re</i>	<i>r r Re re</i>
<i>r re</i>	R <i>r Re re</i>	R <i>r re re</i>	<i>r r Re re</i>	<i>r r re re</i>

La primera fila y la primera columna muestran los gatitos con la capa normal. Lo mismo sucede con la tercera celda de la segunda fila y la segunda celda de la tercera fila. La segunda y la cuarta celdas de la segunda columna muestran los gatitos con pelaje de Devon, y las últimas dos celdas de la tercera columna corresponden a gatitos con la capa de Cornish. Finalmente, la última celda de la segunda fila muestra el pelaje Devon, la última celda de la tercera fila muestra pelaje Cornish, y la celda en la esquina inferior derecha corresponde a gatitos cuya capa de pelo presenta al mismo tiempo las características de Cornish y Devon. Puede ser difícil de identificar estos gatitos. Deben tener una textura intermedia, con un patrón parcial de ondas y los rizos irregulares en otras áreas del cuerpo, con dos capas de pelo.

Otro gen que dominan la estructura del cabello es el Pelo de Alambre (**Wh**),

un gen dominante que produce cabellos rizados rígidos, torcidos en el extremo. Esta estructura del cabello es el rasgo característico del Americano pelo de Alambre, una raza casi parecida a una versión de pelo de alambre del Americano de Pelo Corto. La tabla siguiente muestra el resultado del apareamiento de un Americano Pelo de Alambre heterocigótico (**Wh wh**) y un Americano de Pelo Corto (**wh wh**): 50% de los gatitos son Americano Pelo de Alambre heterocigótico, el otro 50 % Americano de Pelo Corto.

	<i>Wh</i>	<i>wh</i>
<i>wh</i>	Wh wh	wh wh

Hay un otra tipo de cabello con estructura torcida, pero suelto, suave, en el rasgo Laperm: un gen dominante, quizás diferente de **Wh** y de **Sr** porqué el tipo de cabello es diferente.

Finalmente, mencionamos el gen desnudo recesivo **hr**, que detiene el crecimiento del cabello casi completamente. Existe únicamente un fino vello exceptuando en la parte trasera de las orejas, el puente de la nariz, el rabo y los pies. El alelo dominante **Hr** produce pelo normal. La falta del cabello es el rasgo distintivo del Esfinge, una raza heterocigótica para **hr**. Si un Esfinge se aparea con un gato de pelo normal (homocigótico para el cabello normal, **Hr Hr**), todos los gatitos tienen el cabello normal y serán portadores del **hr**. Apareando entre sí los gatos obtenidos de este modo, en la segunda generación 25 % de los gatitos son pelones, 50 % tienen la capa de pelo normal pero son prtadores de **hr** y 25 % tiene la capa de la normal homocigótica (esto es, ellos no llevan el **hr**). Podemos revisar de nuevo esta distribución estadística por medio de la tabla correspondiente:

	<i>Hr</i>	<i>hr</i>
<i>Hr</i>	Hr Hr	Hr hr
<i>hr</i>	Hr hr	hr hr

Información procedente de TICA. Criadores de Sphynx muestran que el Devon Rex y los genes **pelones** ocupan el mismo locus. Si esta información es correcta, entonces los alelos de " el cabello normal " **Hr** y **Re** coinciden, y el orden de dominancia en el locus gato pelón- Devon son: **Hr**, **re**, **hr**. Esto es, los rizados Devon Rex son dominantes sobre el gato pelón.

Problema. ¿Cuál es la estructura de la capa de pelo (y su probable distribución) de los gatitos de un Devon Rex y un Sphynx?

Existe otro gen que produce la falta del pelo, el gen Peterbald (o Don Sphynx) **Phr**. Es un gen dominante, en un locus diferente que el **hr**.

La genética de la estructura ósea y de la forma de las orejas: el polidactilismo, el manx, orejas dobladas, orejas rizadas, cola corta, la munchkin.

Los rasgos somáticos relacionados con el hueso y el cartílago son dominados por varios genes Mendelianos principales. Estos genes pueden ser posiblemente peligrosos, porque ellos pueden causar las anomalías o las desviaciones de la normalidad en los rasgos somáticos que son importantes para la supervivencia. Aquí restringimos nuestra atención para seis de ellos, todos dominantes. La transmisión genética de los genes dominantes debe ser obvia en este momento, por lo tanto nos saltaremos las tablas de cría en este capítulo.

El primer gen para ser estudiado es el gen de la polidactilia **Pd**, que produce un número más alto que lo normal de los dedos del pie: más de cinco en los pies delanteros y/o más de cuatro en los pies traseros. El alelo recesivo **pd** genera el número correcto de los dedos del pie. Algunos gatos tienen menos dedos de lo normal. Aquí ignoraremos este fenómeno, porque no está aclarado si es la consecuencia de un gen principal, y si este gen hipotético está ocupando el locus **Pd**. Los gatos polidáctiles o los gatos con número anormal de dedos en el pie no son aceptados en campeonatos en ninguna raza. Son aceptados en el grupo de gatos mascota, porque los gatos domésticos o mascotas no están en cría, por lo tanto no ocurre una fijación genética (de todos modos, ellos deben ser esterilizados cuando se convierten en adultos).

Consideremos ahora el gen Manx **M**, el cuál produce gatos sin rabo; su alelo recesivo **m** concede la cola en su forma y tamaño normal. Desgraciadamente, este gen no es solo potencialmente peligroso: es específicamente peligroso, ya que puede generar anomalías severas del hueso de la cadera y débiles piernas traseras. Es usualmente letal si se presenta en forma homocigótica. Los gatitos Manx homocigóticos usualmente mueren antes del nacimiento (a menudo tan temprano que el feto es reabsorbido). Por lo tanto los gatos manx (o Cymric, el Manx de pelo largo) es heterocigótico **Mm**. Para evitar la frecuente y peligrosas muertes prenatales, las cruza de dos Manx son severamente descartadas. Los programas de cría se basan en la utilización de razas con un tipo semejante al Manx, pero con rabos (Británico de pelo corto o Americano de pelo corto o mejor aún, de gatos nacidos de un Manx pero con rabo, los cuales son homocigóticos **mm**). La acción de **M** es algo gradual: existen Manx completamente sin rabo, y otros cuyo rabo es un trozo o aún más largo. Cualquier longitud visible de la cola es penada en el campeonato de TICA.

Otro gen que actúa en la forma del rabo (pero no produce efectos peligrosos) es el gen del Bobtail (rabon), el cual produce un rabo rizado en forma de pon-pon en el Japonés Bobtail. En algunas asociaciones, el fenotipo de la cola rizada debido al gen Bobtail es aceptado en otras razas también (por ejemplo, el Americano cola-corta en TICA, pero aqui se trata de un otro gene, dominante). Es un gen recesivo, en toda la probabilidad no un alelo del gen Manx (esto es, en un locus diferentes). El hecho de que los dos genes no están en el mismo locus podría ser fácil determinarlo apareando un Japonés bobtail con un Manx, pero -como es fácil de entender -los criadores no están interesados en esta cruza. Al gen Bobtail no se le ha dado un símbolo. Podemos denotarlo por **jb**.

Consideraremos a continuación dos genes que modifican el cartílago de la oreja. Son el gen del doblez **Fd** y el gen del rizo **Ac**. Los alelos recesivos **fd** y **ac** producen orejas normales. El efecto de **Fd** es plegar las orejas hacia adelante, en forma de casquete, cerca del cráneo. Este es el rasgo distintivo del Escocés de orejas dobladas. El gen **Ac** hace las orejas rizarse hacia atrás, el rasgo típico del Americano de orejas rizadas (pelo largo y pelo corto). El gen del doblez es particularmente peligroso porque puede inducir las deformaciones del cráneo (los dos lóbulos pueden no unirse), y los problemas de hueso en las caderas, piernas traseras y rabo(las vértebras pueden engrosarse y estar unidas rígidamente, el gato no puede andar normalmente y muere a causa de la degeneración ósea). En la forma homocigótica este gen es usualmente letal: los gatitos mueren antes del nacimiento. Para evitar este riesgo, los Escoceses de orejas dobladas no se aparean entre sí: son apareados usualmente con Británicos de pelo corto o Americanos de pelo corto, o mejor aún con Escoceses con orejas rectas o normales, esto es, los gatos nacidos de Escoceses (por lo tanto con el tipo de un Escocés de orejas dobladas) los cuales son homocigóticos **fd fd** (con las orejas rectas). Por lo contrario, el gen del Americano de orejas rizadas no parece tener ningún efecto peligroso.

Los genes del doblez y del rizo están ocupando locus diferentes, así que ellos obran recíprocamente como genes independientes. A modo de práctica, el lector puede llenar la tabla de la cría de un Escocés de orejas dobladas con un Americano de orejas rizadas pelo corto, en los dos casos homocigótico Americano **Ac Ac** o heterocigótico Americano **Ac ac**. ¡Naturalmente, el Escocés de orejas dobladas debe ser heterocigótico **Fd fd** (homocigótico **Fd** es letal!). En el primer caso, uno obtienen los Escoceses **Fd fd ac ac** y Americanos de orejas rizadas **fd fd Ac Ac**. Es visto inmediatamente que el 25 % de los gatitos tienen las orejas rectas, 25 % dobladas, 25 % rizadas y 25 % entre estos dos extremos. Es difícil de imaginar cual es la apariencia de los fenotipos intermedios entre el doblez y el rizo... y, afortunadamente, no tendremos ninguna evidencia experimental, porque este tipo de la cría probablemente no será realizada por alguien (excepto si acaso alguien encontrase anomalías genéticas). La tarea de adaptar estos resultados para el caso de un Americano de orejas rizadas heterocigótico es dejado para el lector.

Finalmente, el gen Munchkin (o deberíamos decir dachshund?) es un gen dominante recientemente encontrado y fijado. La raza Munchkin no es aceptada en el campeonato, pero puede ser visto en exposiciones de TICA como una Nueva Raza, y está siendo criada por un creciente grupo de criadores de TICA. Su nombre es tomado de una clase de enanos de la novela *El Mago de Oz*. El fenotipo tiene alguna similitud con el perro de la raza Dachshund. El gen produce piernas muy cortas, así el cuerpo es muy bajo sobre las piernas, y los Munchkins caminan en forma sinuosa. Este gen no produce el enanismo, porque únicamente las piernas son cortas: la medida del cuerpo es normal. Ciertamente el gen Munchkin cambia considerablemente la estructura usual del hueso, pero los criadores de Munchkin al parecer han recogido suficiente evidencia para inferir que el gen no es peligroso.

Esto es, no produce deformidades óseas peligrosas o serias molestias en los movimientos (por ejemplo, los Munchkins son capaces de saltar sin problemas). Necesitamos esperar y obtener la evidencia conclusiva, pero para ampliar esto, el hecho de que la raza Munchkin puede aparecer a simple vista no aceptada puede explicarse por su inusual y algo ridícula apariencia. Quizás la misma diferencia pudo haber existido para la raza Dachshund en sus inicios. Al gen Munchkin no se le ha asignado un símbolo aún.

Completamos este capítulo observando que otro rasgo somático relacionado con hueso, y probablemente debido a un gen principal, es visto frecuentemente en los felinos de raza pura: la cola doblada. Es una forma anómala del hueso de la cola. Se forma cuando dos vértebras de la cola consecutivas se unen en un ángulo. Es descalificación en todas las razas puras, pero es aceptado en los gatos domésticos o mascotas, por la misma razón que se explicó anteriormente sobre el polidactilismo.

Derivar los resultados de las crías sin usar las tablas. Hasta ahora hemos analizado los resultados de apareamientos entre genotipos complejos por medio de las grandes tablas comprensivas conteniendo una celda para cada combinación posible de todos los genes involucrados. Este procedimiento es demasiado lento: a menudo necesitamos derivar los resultados rápidamente y sin escribir. Esto es trivial cuando los genotipos son simples e involucran solamente uno o dos genes. Por ejemplo, recuerde lo que ocurre en el apareamiento de un negro portador de chocolate con un chocolate homocigótico (como de costumbre, los gametos homocigóticos aparecen una vez, no dos veces en la tabla):

	<i>B</i>	<i>b</i>
<i>b</i>	B <i>b</i>	bb

La mitad de los gatitos son negros portadores de chocolate, la otra mitad son chocolates homocigóticos.

Ahora permítanos aumentar la complejidad, un paso arriba: introducimos un segundo gen. Consideremos un negro portador de chocolate y la dilución maltés, **Bb Dd**, apareado con un chocolate portador de la dilución maltés **bb Dd**. Para esto, hacemos el uso de la tabla siguiente.

	<i>BD</i>	<i>Bd</i>	<i>bD</i>	<i>bd</i>
<i>bD</i>	BbDD	BbDd	bbDD	bbDd
<i>bd</i>	BbDd	Bbdd	bbDd	bbdd

¡Estadísticamente, de los ocho gatitos, uno debe ser negro portador de chocolate, dos deben ser negros portadores de chocolate y la dilución, uno azul portador de chocolate (esto es, portador de lilac), un chocolate, dos chocolates portadores de la dilución, un lilac homocigótica. Existe una simetría intrínseca en estos resultados,

la cuál se refleja en una simetría entre las mitades izquierda y derecha de la tabla. Esto sugiere la posibilidad de separar la tabla de 2 por 4 en dos tablas separadas. Esta posibilidad es una realidad. Aquí están las dos tablas con parte de los componentes cada una.

	<i>B</i>	<i>b</i>
<i>b</i>	B <i>b</i>	bb

	<i>D</i>	<i>d</i>
<i>D</i>	DD	D <i>d</i>
<i>d</i>	D <i>d</i>	dd

La tabla completa se recupera al "multiplicar" cada celda de una de las tablas parciales por todas las celdas de la otra, una operación directa llamada " producto tensor " en matemáticas.

Las tablas parciales muestran esto:

- la probabilidad de que un gatito sea negro heterocigótico para chocolate o chocolate homocigótico son del mismo modo, 50 % en cada caso;
- la probabilidad de que un gatito sea: puro no diluido (esto es, homocigótico para color completo) tiene 25%; color completo portador de la dilución, 50%; diluido (homocigótico para la dilución maltés), 25 %.

Combinando estos datos, uno obtiene la distribución de todas las probabilidades: los genotipos **BbDD**, **bbDD**, **Bbdd**, **bbdd** tienen la probabilidad de un 12.5 % cada uno, y ambos **BbDd** y **bbDd** tienen la probabilidad del 25 %. ¡Exactamente lo que obteníamos al tener la tabla completa!

Ahora permítanos investigar los resultados de criar un macho negro portador de chocolate y la dilución maltés, **BbDdo**, con una hembra *tortie* chocolate portadora de la dilución, **bbDdOo**. Solamente necesitamos intercalar una tabla del componente adicional, la tabla parcial la cuál describe la transmisión del gen anaranjado:

	<i>o</i>	-
<i>O</i>	O <i>o</i>	O-
<i>o</i>	O <i>o</i>	o-

Entonces de inmediato vemos que la mitad de los genotipos son aquellos obtenidos en el último ejemplo (estos son ahora los genotipos de los gatitos machos). La otra mitad (para las hembras) es obtenida reemplazando estos con los correspondientes colores torties. En resumen, uno tiene:

- machos: colores sólidos **BbDDo**, **bbDDo**, **Bbddo**, **bbddo** con la probabilidad del 6.25 % cada uno, y **BbDdo**, **bbDdo** con la probabilidad del 12.5 % cada uno;
- hembras: colores tortie **BbDDOo**, **bbDDOo**, **BbddOo**, **bbddOo** con la

probabilidad del 6.25 % cada uno, y **BbDdOo**, **bbDdOo** con la probabilidad del 12.5 % cada uno.

Permítanos poner más genes. Apareando un macho *tabby silver* negro portador de chocolate y la dilución, **Aa Tt ^b Bb o Dd Ii Sh Sh**, con una hembra tortie chocolate humo portadora de la dilución, **aa t^b t^b bb Oo Dd Ii Sh sh**. Note que (excepto por la dilución) este problema es casi el mismo que uno dado al final el capítulo de los plateados. Para encontrar la solución rápidamente, divídalos en cuatro tablas adicionales: agutí, tabby, el gen borrador **I** y el gen plateado (=blanquear) **Sv**.

	A	a
a	Aa	aa

	T	t ^b
t ^b	Tt ^b	t ^b t ^b

	I	i
I	II	Ii
i	Ii	ii

	Sv	Sv
Sv	Sv Sv	Sv Sv
Sv	Sv Sv	Sv Sv

Paso a paso, uno puede recobrar la probabilidad de cada genotipo resultante de este apareamiento, multiplicando las probabilidades de las tablas del factor elemental. Solamente hay que tener un poco de paciencia, y mucho menos tiempo y frustración que la compilación de la tabla llena. A menudo buscamos solamente los posibles genotipos, no por sus probabilidades: por este método, la respuesta es muy rápida y certera.