

# Adaptación a Entornos Volátiles e Inciertos

Arturo Bouzas

UNAM

SINCA 2017



Trabajo en colaboración con:

- Manuel Villarreal
- Carlos Velázquez
- Alejandro Segura
- Luis Baroja







## Conclusiones

Selección Natural favorece individuos que óptimamente:

1. Pueden detectar regularidades importantes acerca de las distribuciones en el tiempo y el espacio de sucesos necesarios para sobrevivir.
2. De igual forma pueden detectar cambios en las regularidades y la incertidumbre asociada con ellos.
3. La detección de las regularidades permiten la predicción de esos sucesos, y
4. Usar ese conocimiento para distribuir de la mejor forma su comportamiento
5. Los modelos probabilísticos son una alternativa a los modelos de refuerzo, digna de ser explorada

- Los organismos al desplazarse en el tiempo y en el espacio encuentran distribuciones de sucesos biológicamente importantes (SBI)
- Los ***modelos de refuerzo*** describen los cambios generados por cada nuevo encuentro con un SBI

# Modelo de Refuerzo

- Un algoritmo de ascenso de colina
- Don componentes:
  1. Una regla que integra las experiencias previas (memoria)
  2. Una regla que compara la experiencia integrada con una nueva experiencia.

- La predicción o valor predictivo de un suceso (Estímulo o Respuesta) es una suma *ponderada* de las dos variables:
  1. La integración de las experiencias con los SBI hasta el momento  $t$
  2. La ocurrencia o no del SBI en el momento  $t+1$

$$VP_{t+1} = (1-\alpha) VP_t + \alpha R_t$$

donde  $0 < \alpha < 1$



- Una pequeña manipulación algebraica de la ecuación anterior genera una forma equivalente del modelo de refuerzo que es el más común hoy en día.

- $$VP_{t+1} = (1 - \alpha)VP_t + \alpha R_t$$

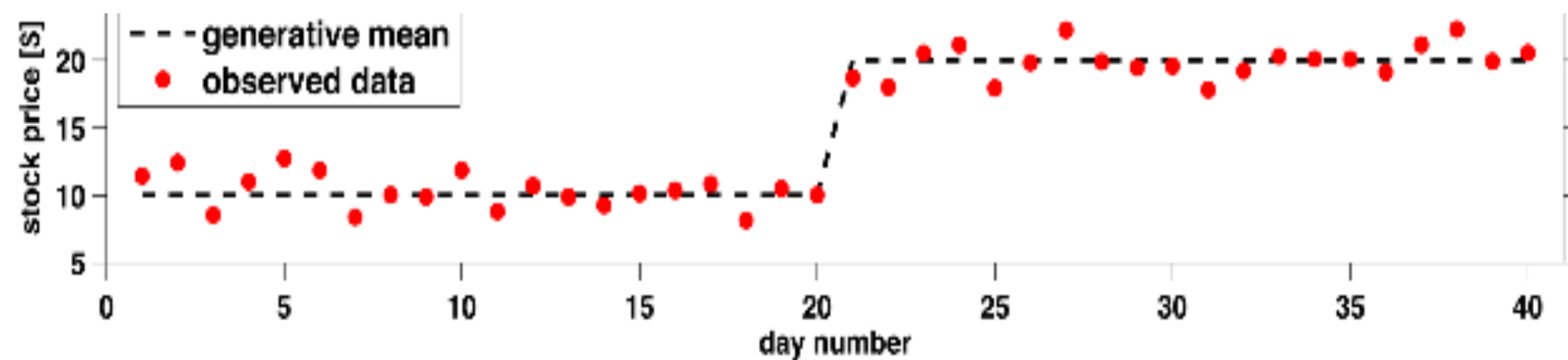
$$VP_{t+1} = VP_t - \alpha VP_t + \alpha R_t$$

$$\mathbf{VP_{t+1} = VP_t + \alpha(R_t - VP_t)}$$

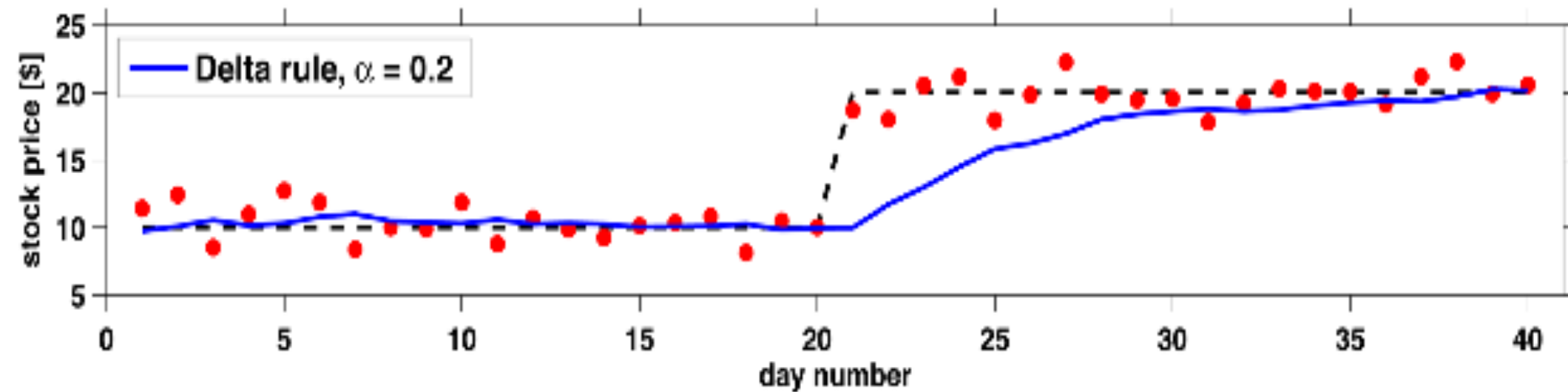
## La Maldición de la Ventana Temporal

Si la ventana *Alfa* es muy pequeña cualquier cambio accidental en la tasa de refuerzo va a ser interpretada como un cambio en ella.

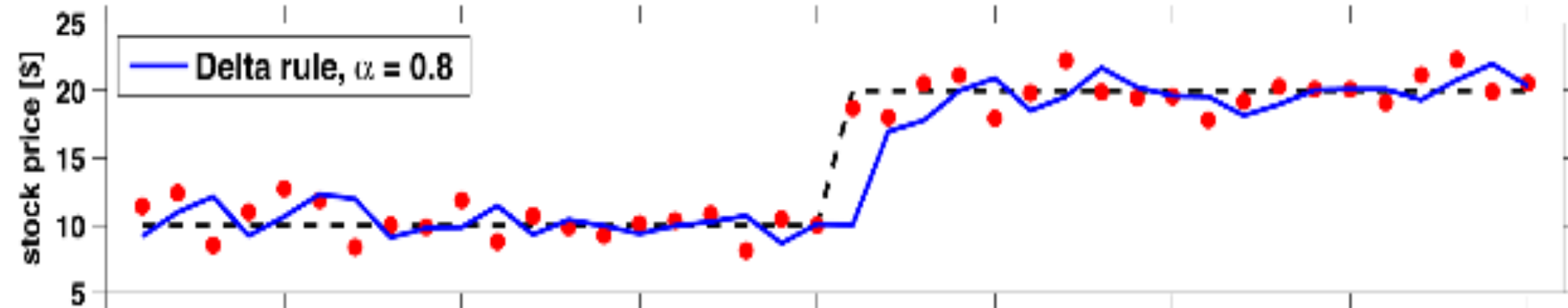
Si la ventana *Alfa* es muy grande se necesita de muchas experiencias para cambiar.



**B**



**C**



- Modelos de Equilibrio
- Ley de Igualación de Herrnstein:  
Razones de respuesta igualan razones de refuerzo.  
Ley generalizada de Igualación, Baum

$$P_1/P_2 = R_1/R_2$$

$$P_1/P_2 = b(R_1/R_2)^s$$

$b$  = sesgo

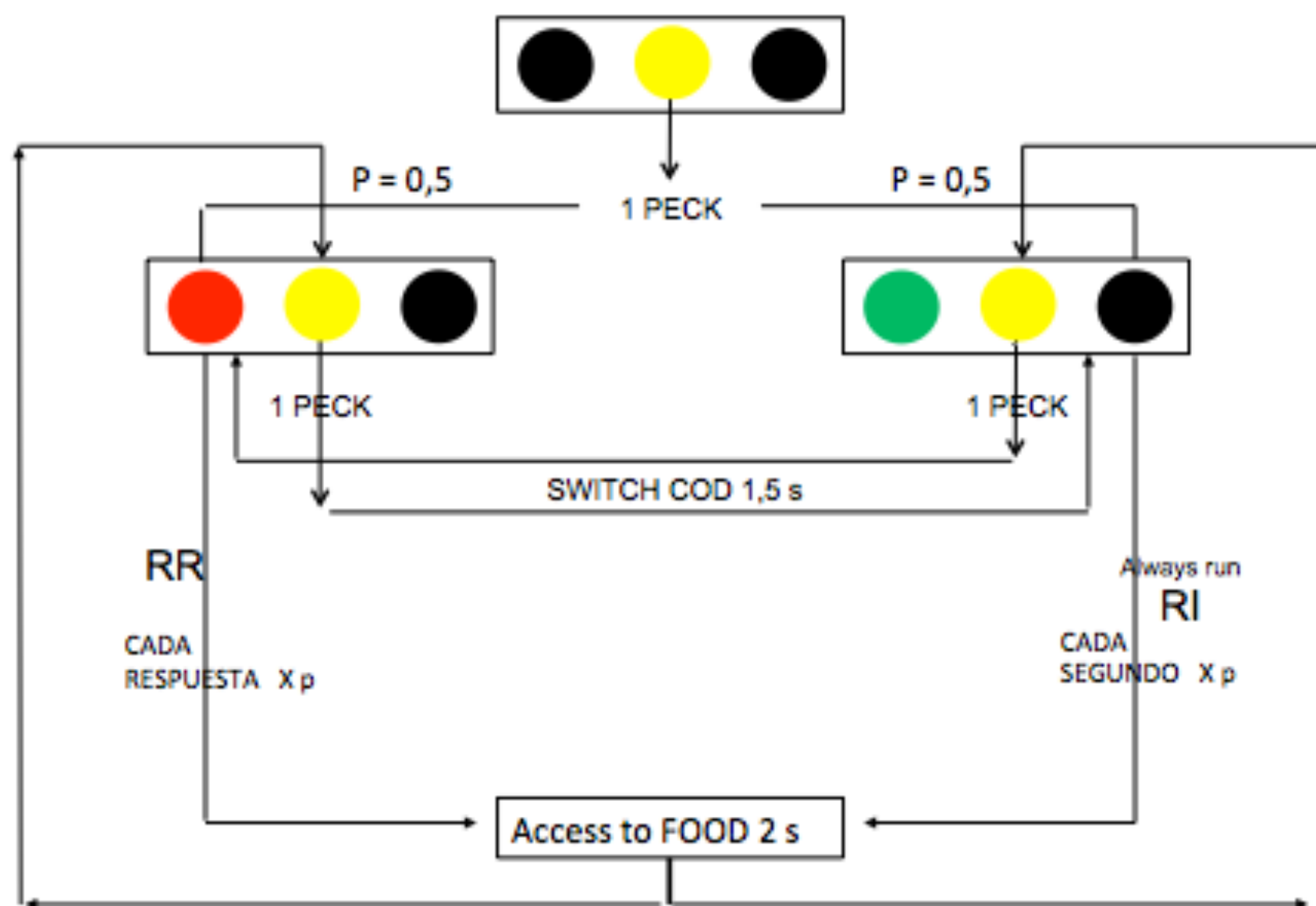
$s$  = sensibilidad



- Modelos de Refuerzo de la Dinámica del Comportamiento de Igualación
- Procedimiento más empleado
- Serendipia Belke y Heyman: entre cinco y diez pares de valores de programas concurrentes se presentan aleatoriamente por un número fijo de refuerzos (10) cada sesión experimental

- Programas concurrentes RV – IV procedimiento sugerido para distinguir entre diferentes modelos del comportamiento en equilibrio.
- Maximización predice preferencia por opción RV con ocasionales visitas a la opción IV.
- Igualación, predice que el número de respuestas por refuerzo será igual para las dos opciones

## SWITCHING - 3 KEY PROCEDURE (FINDLEY, 1958)



## EXPERIMENT

RAZON ALEATORIA

INTERVALO ALEATORIO

**A**



Constante 1 valor



Varía 5 valores

**B**



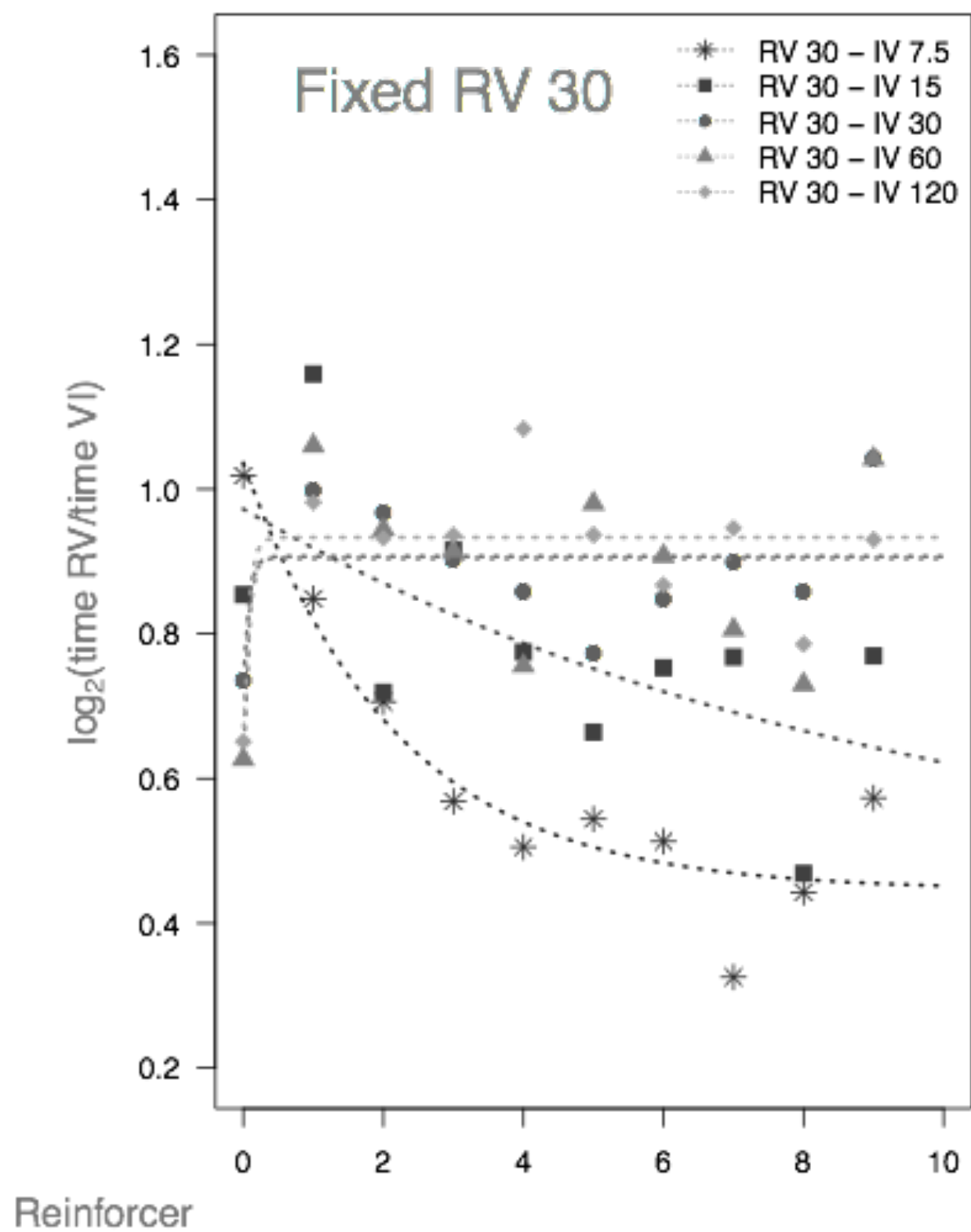
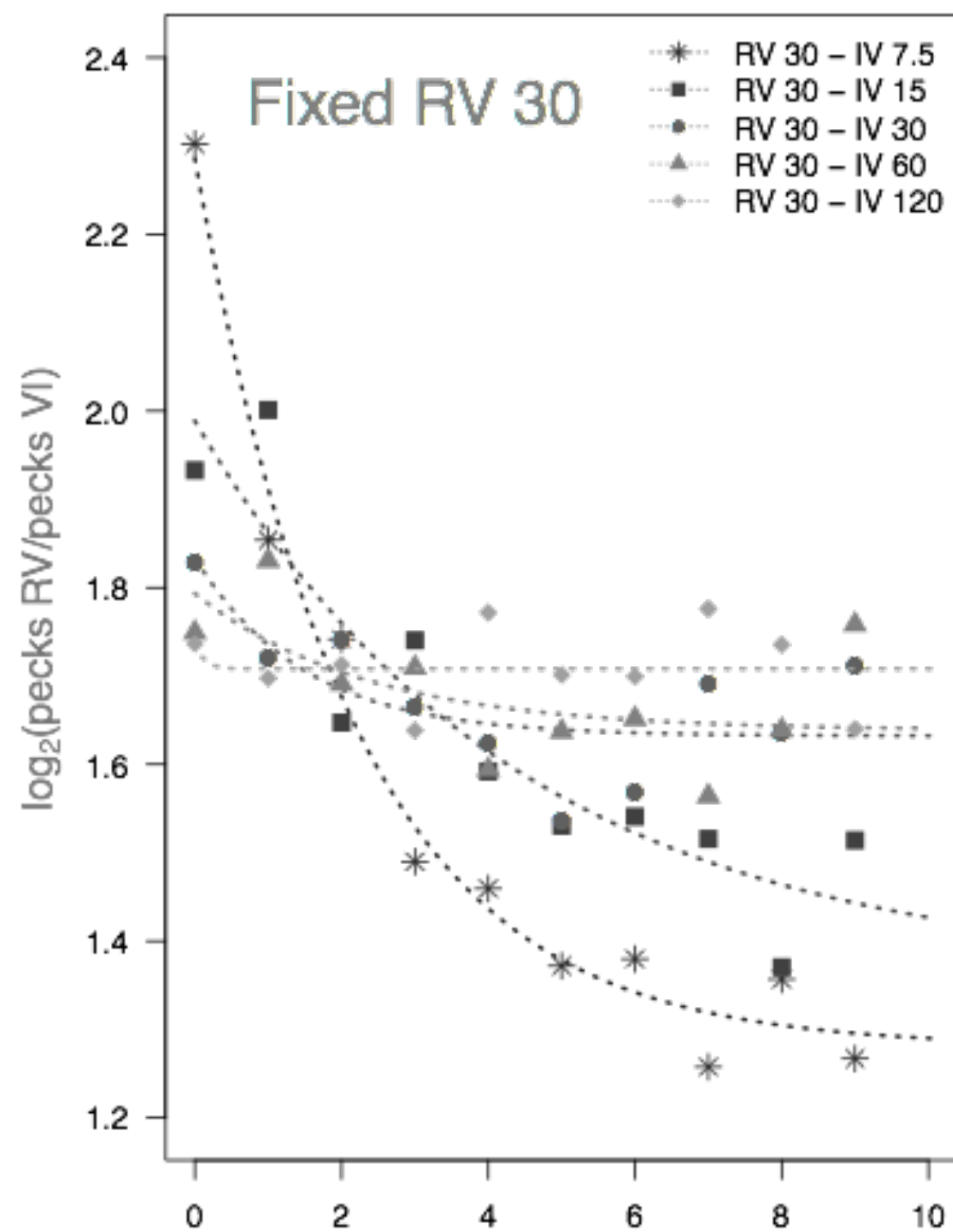
Varía 5 valores

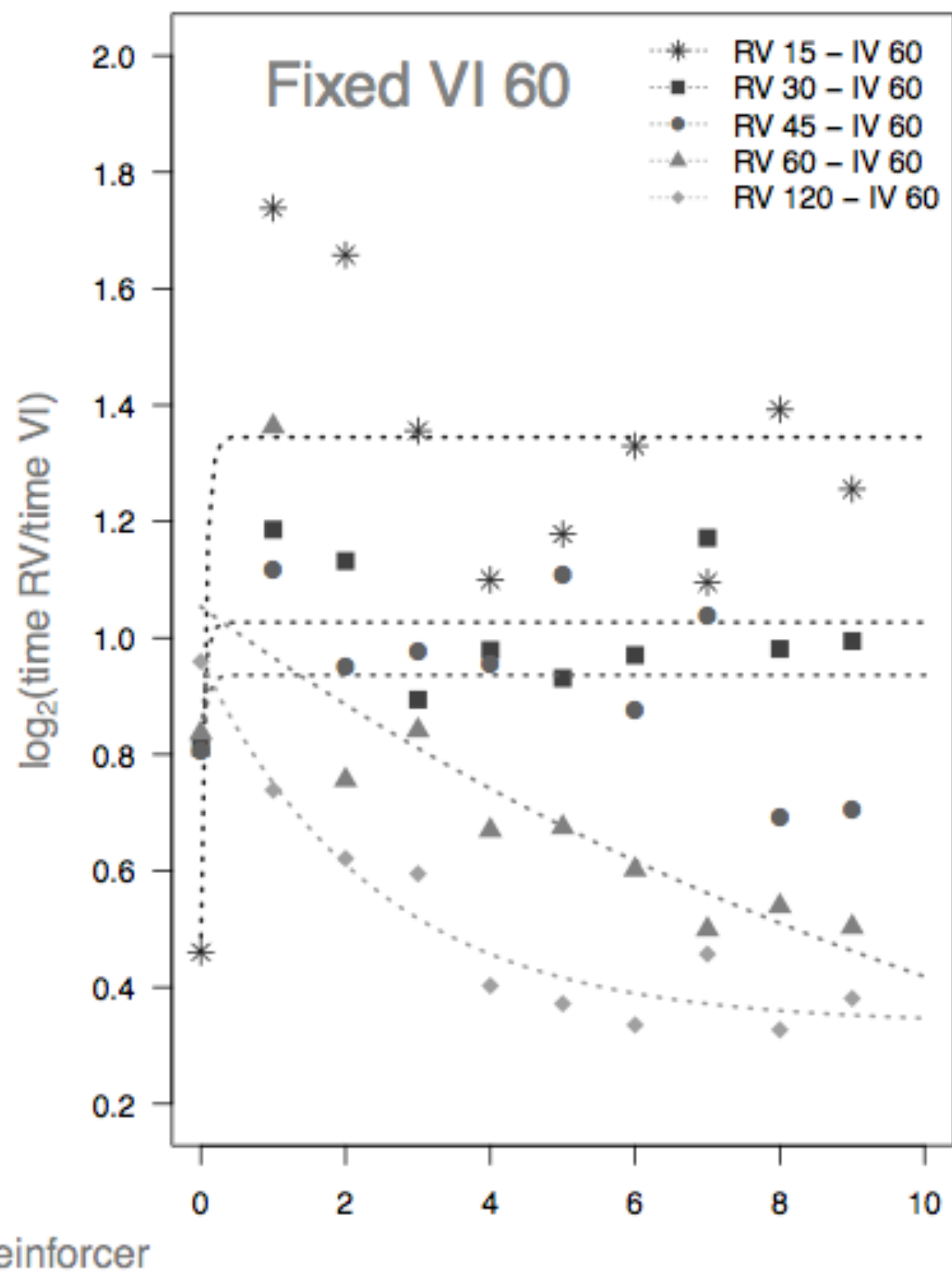
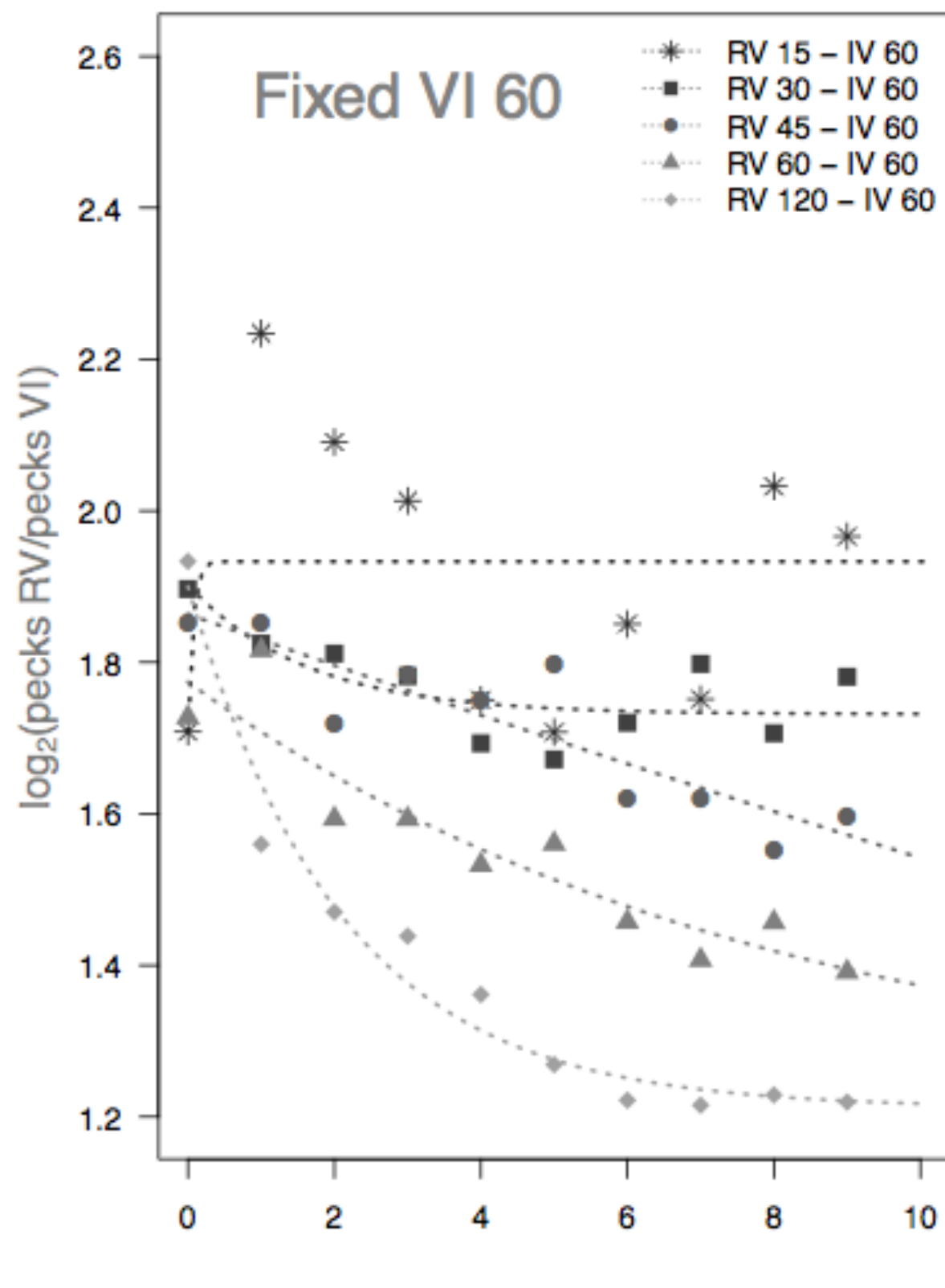


Constante 1 valor

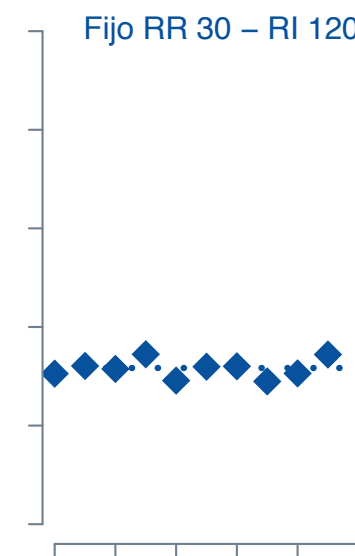
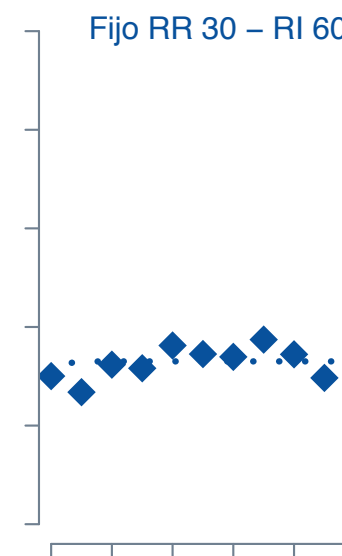
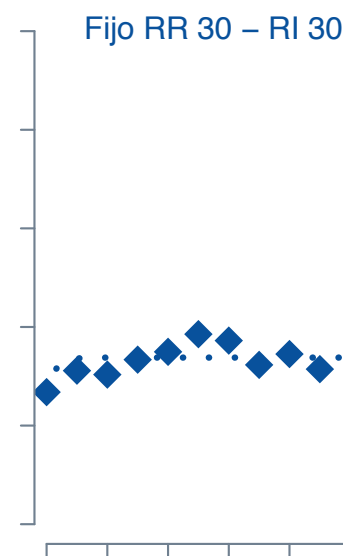
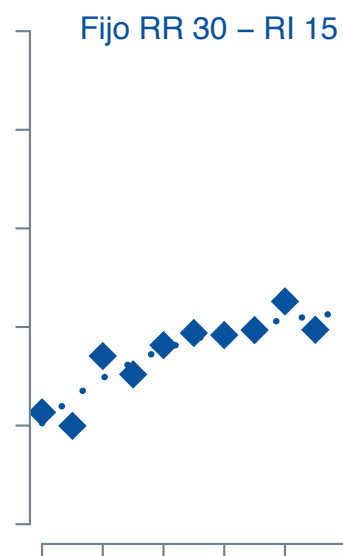
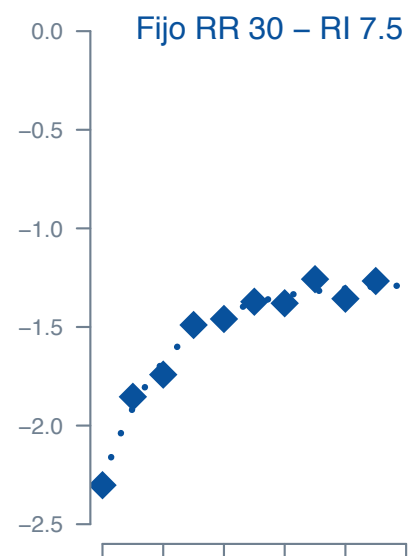
	programas originales			programas aleatorios	
	BLOQUE 1			BLOQUE 1	
PAR	VR	VI	PAR	RR	RI
0	30	7,5	0	0,03333333	0,13333333
1		15	1		0,06666667
2		30	2		0,03333333
3		60	3		0,01666667
4		120	4		0,00833333
	BLOQUE 2			BLOQUE 2	
PAR	VR	VI	PAR	RR	RI
5	15	60	5	0,06666667	0,01666667
6	30		6	0,03333333	
7	45		7	0,02222222	
8	60		8	0,01666667	
9	120		9	0,00833333	



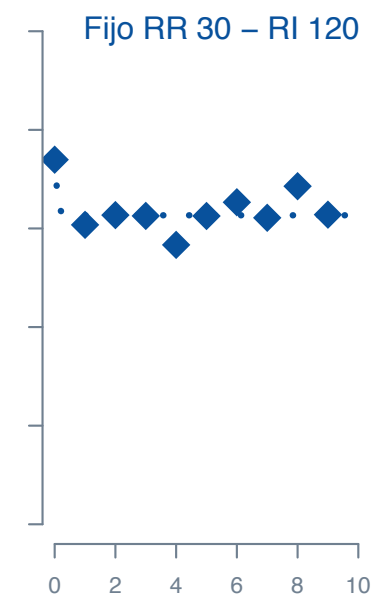
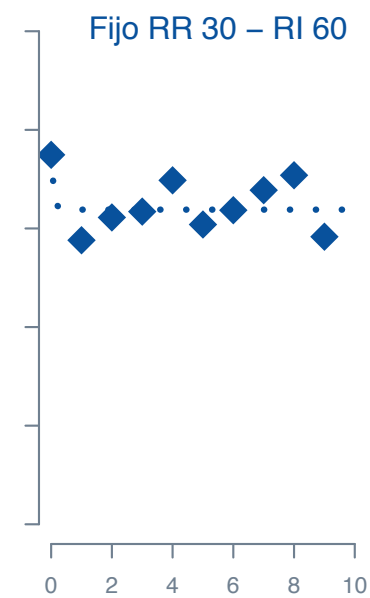
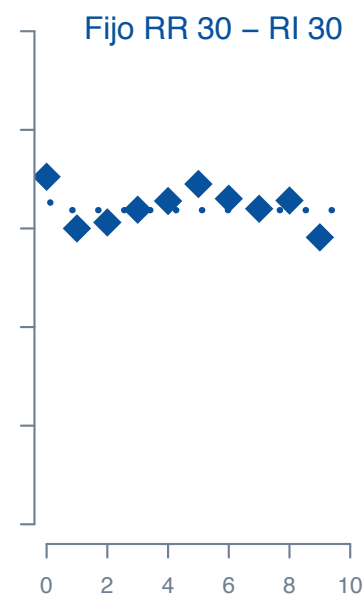
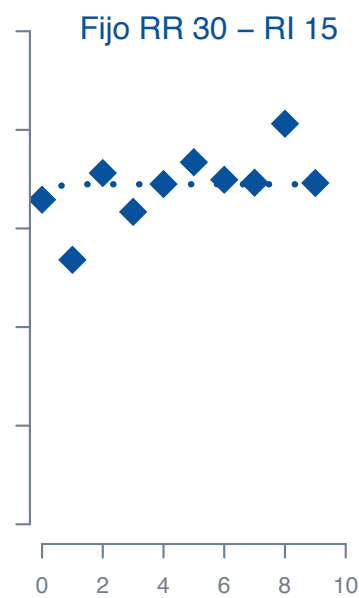
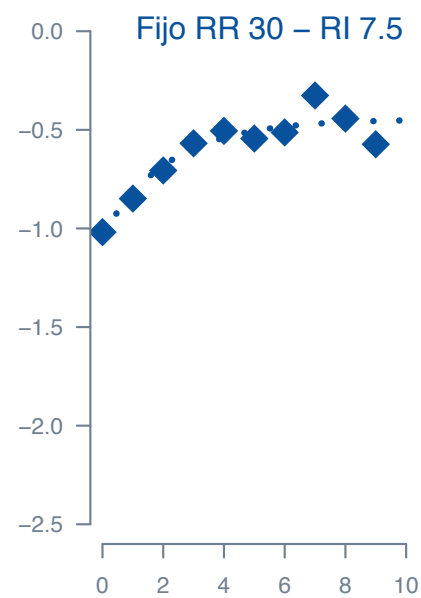




$\log_2(\text{Respuestas IA/Respuestas RA})$

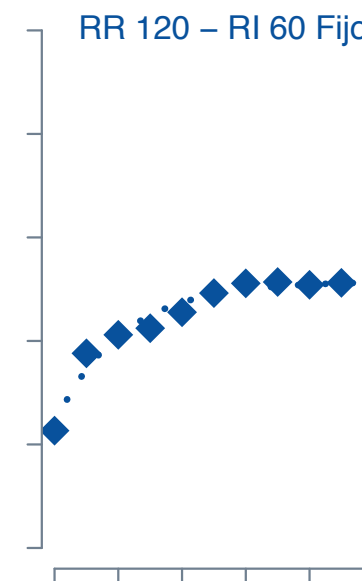
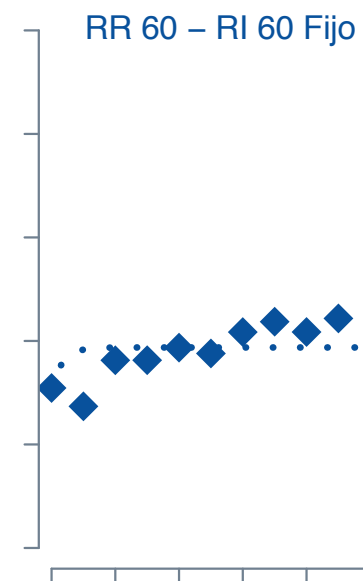
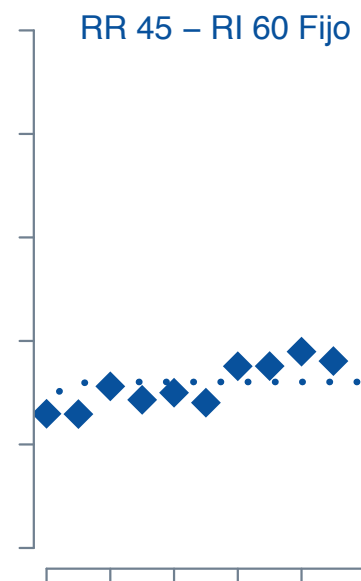
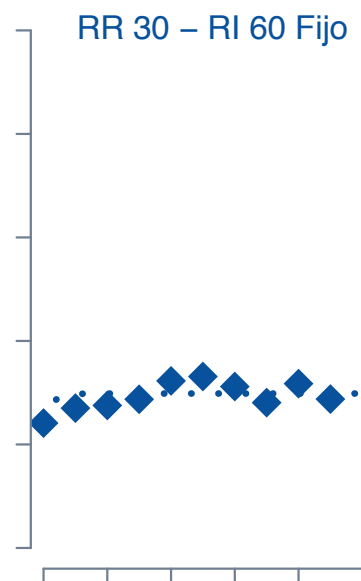
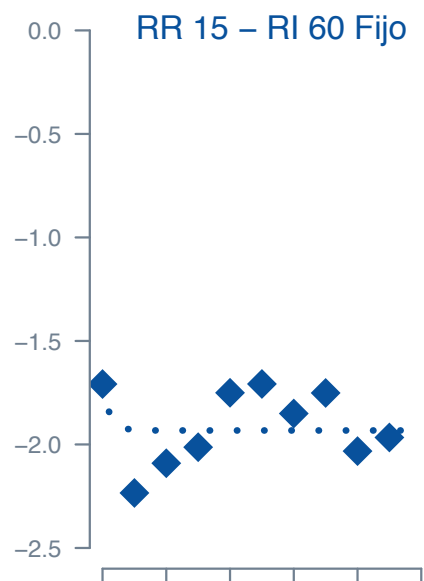


$\log_2(\text{Tiempo IA/Tiempo RA})$

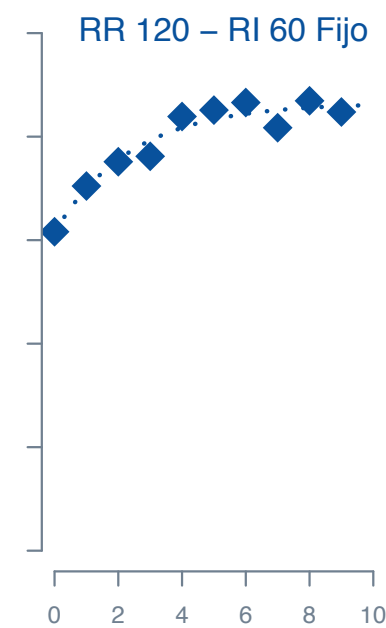
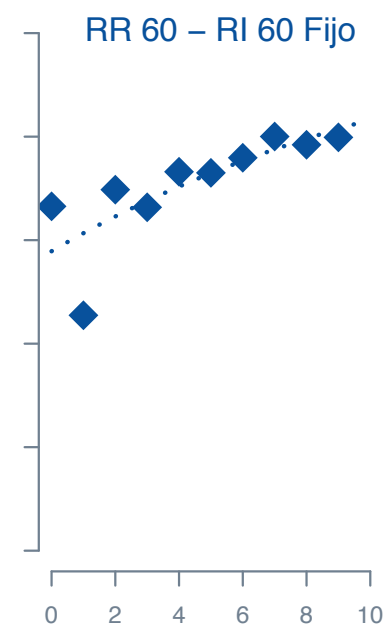
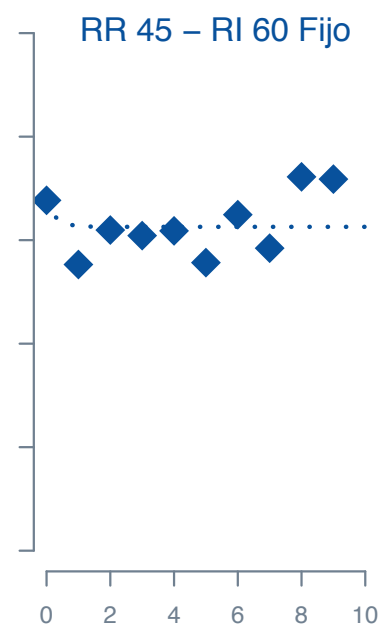
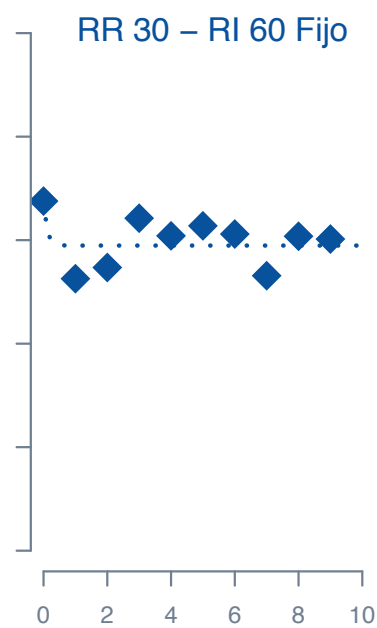
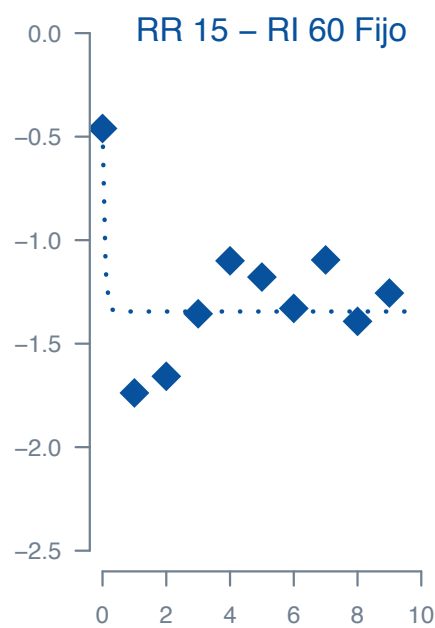


Reforzadores

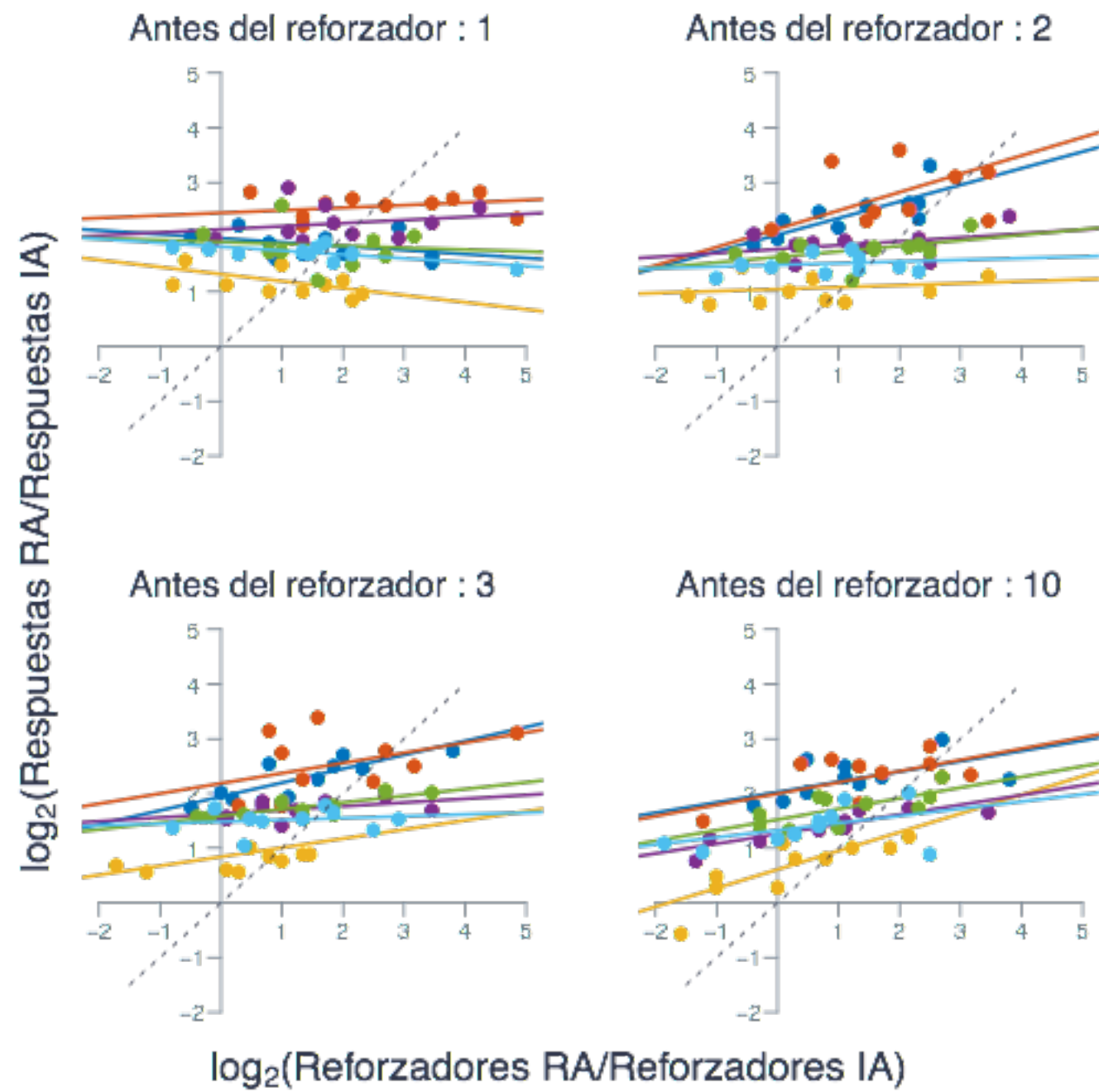
$\log_2(\text{Respuestas IA/Respuestas RA})$



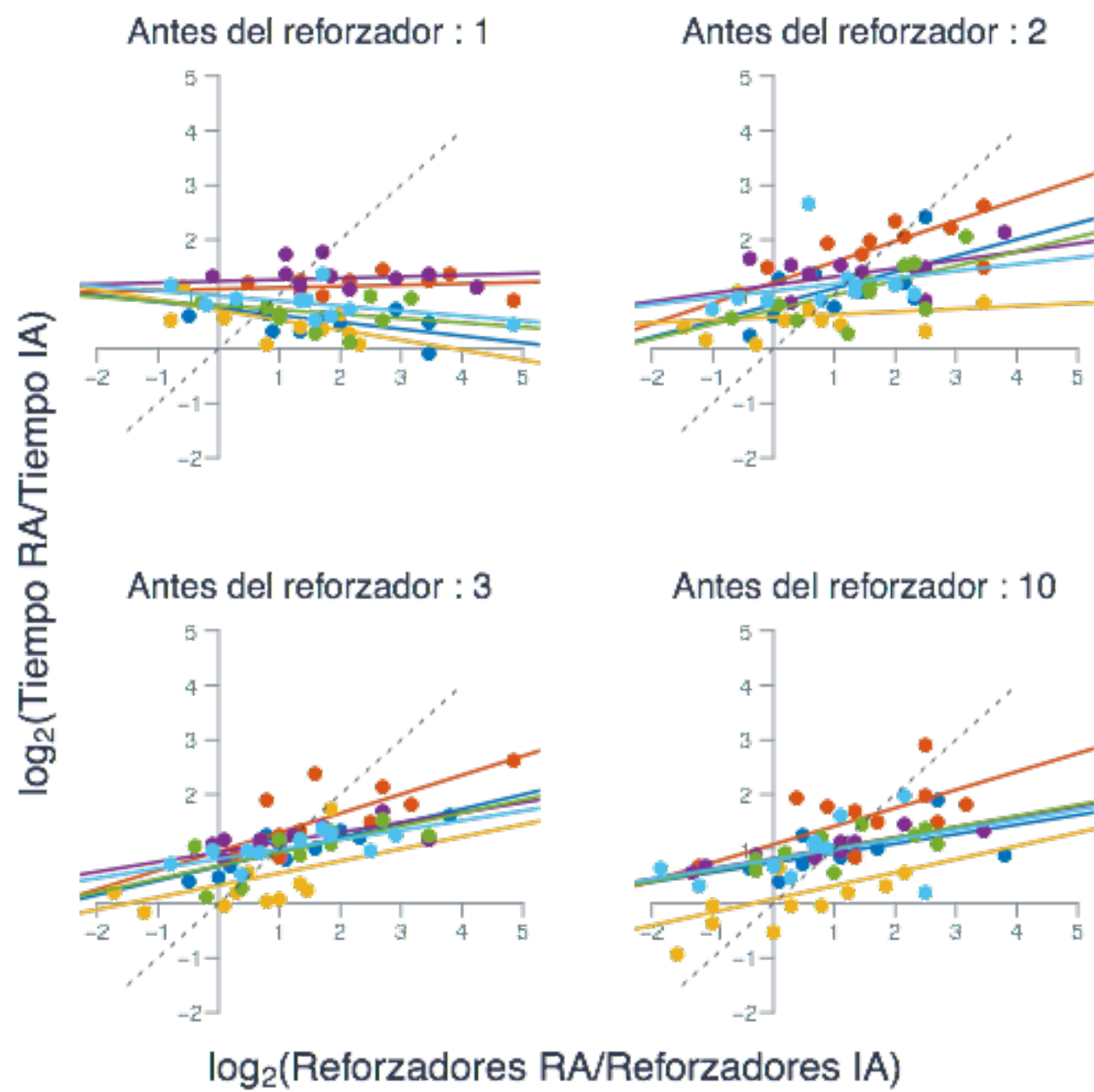
$\log_2(\text{Tiempo IA/Tiempo RA})$

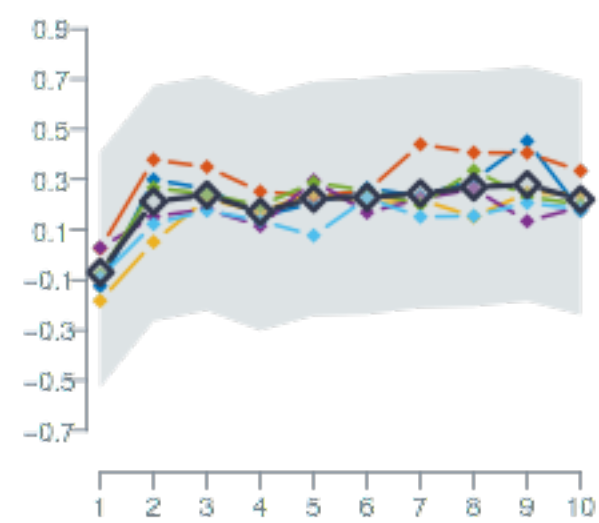
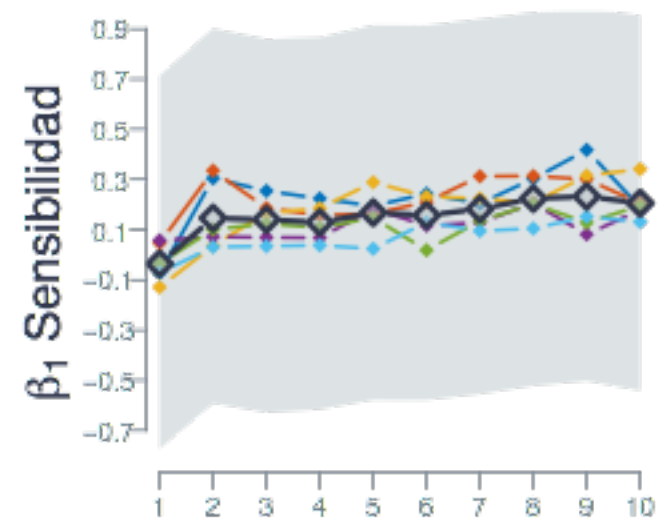
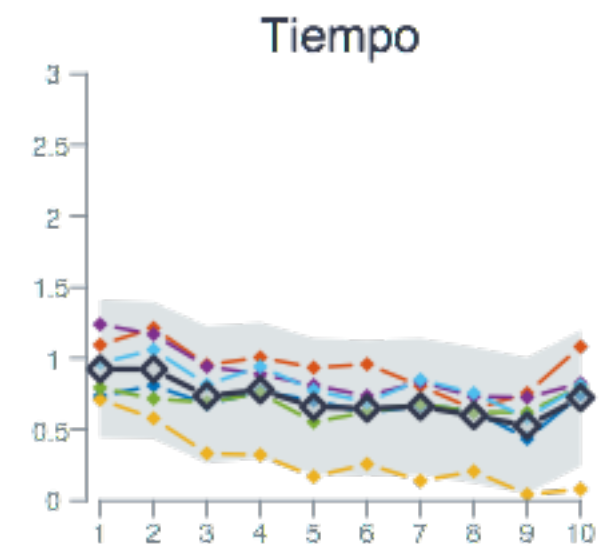
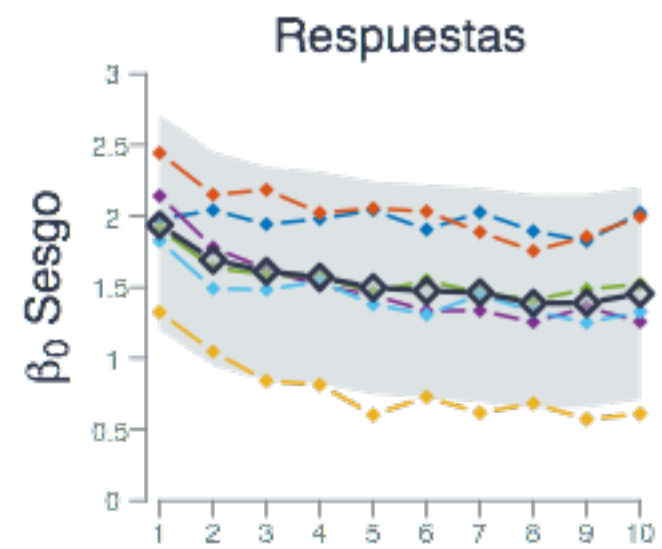


Reforzadores

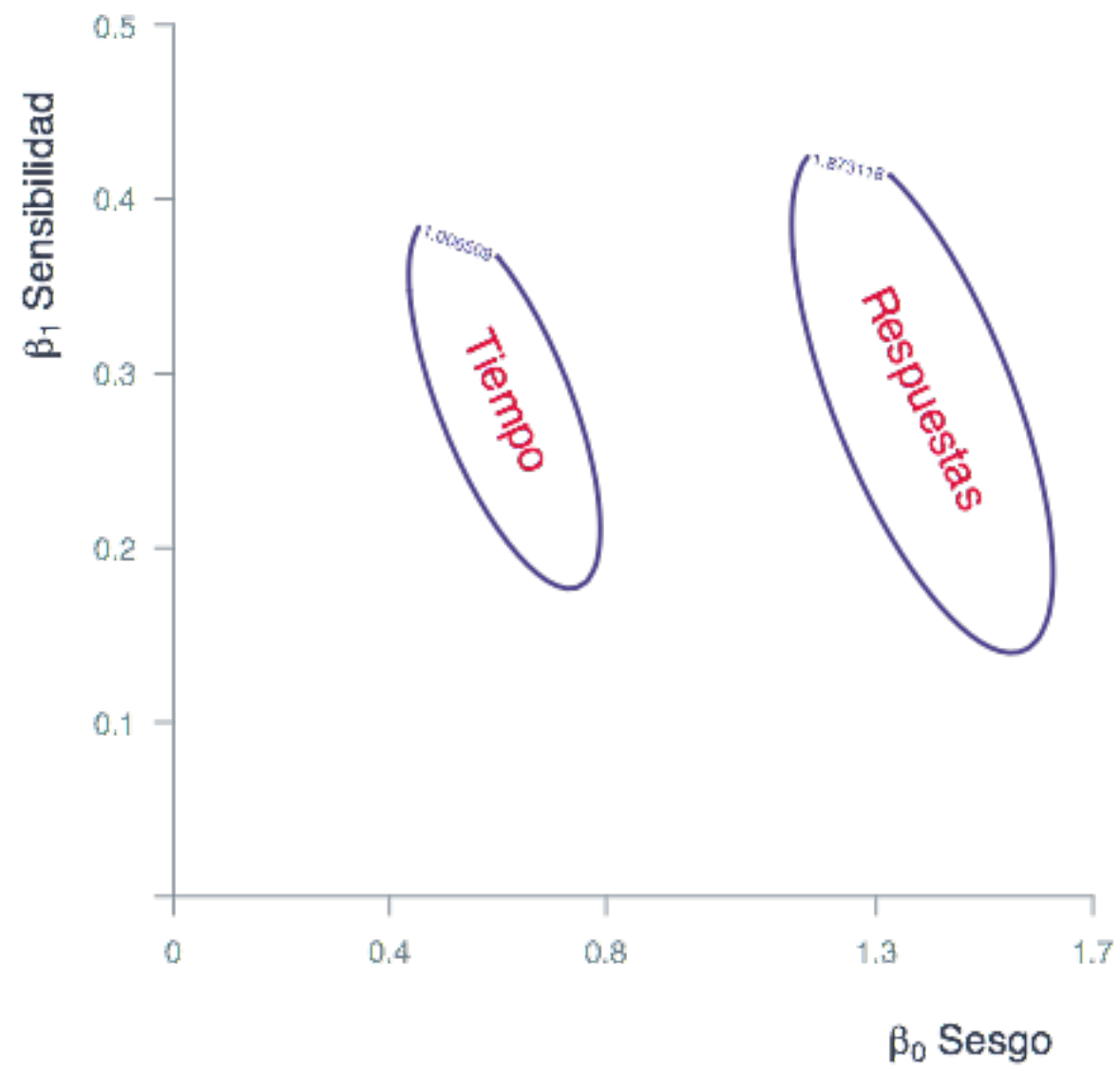


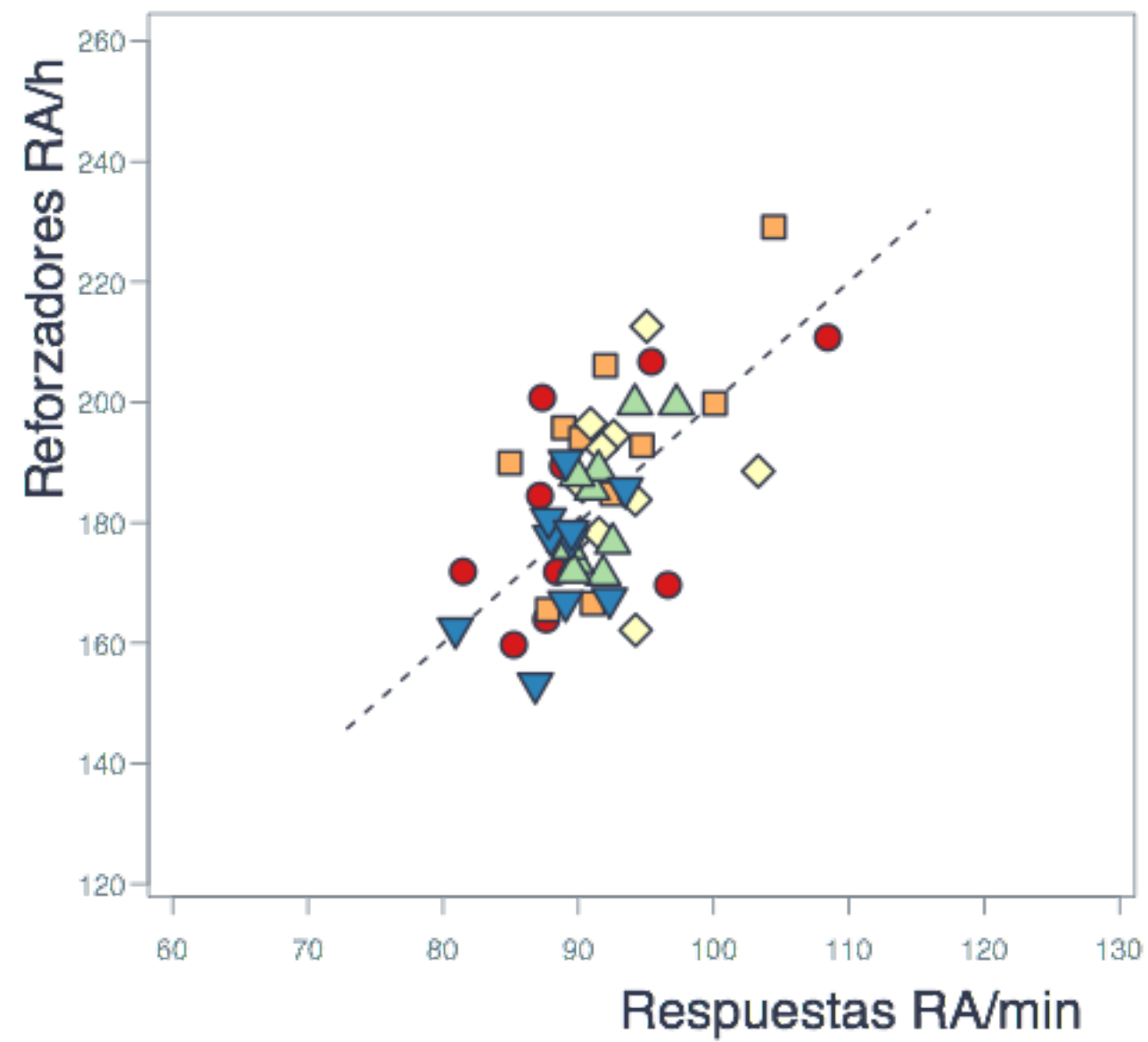


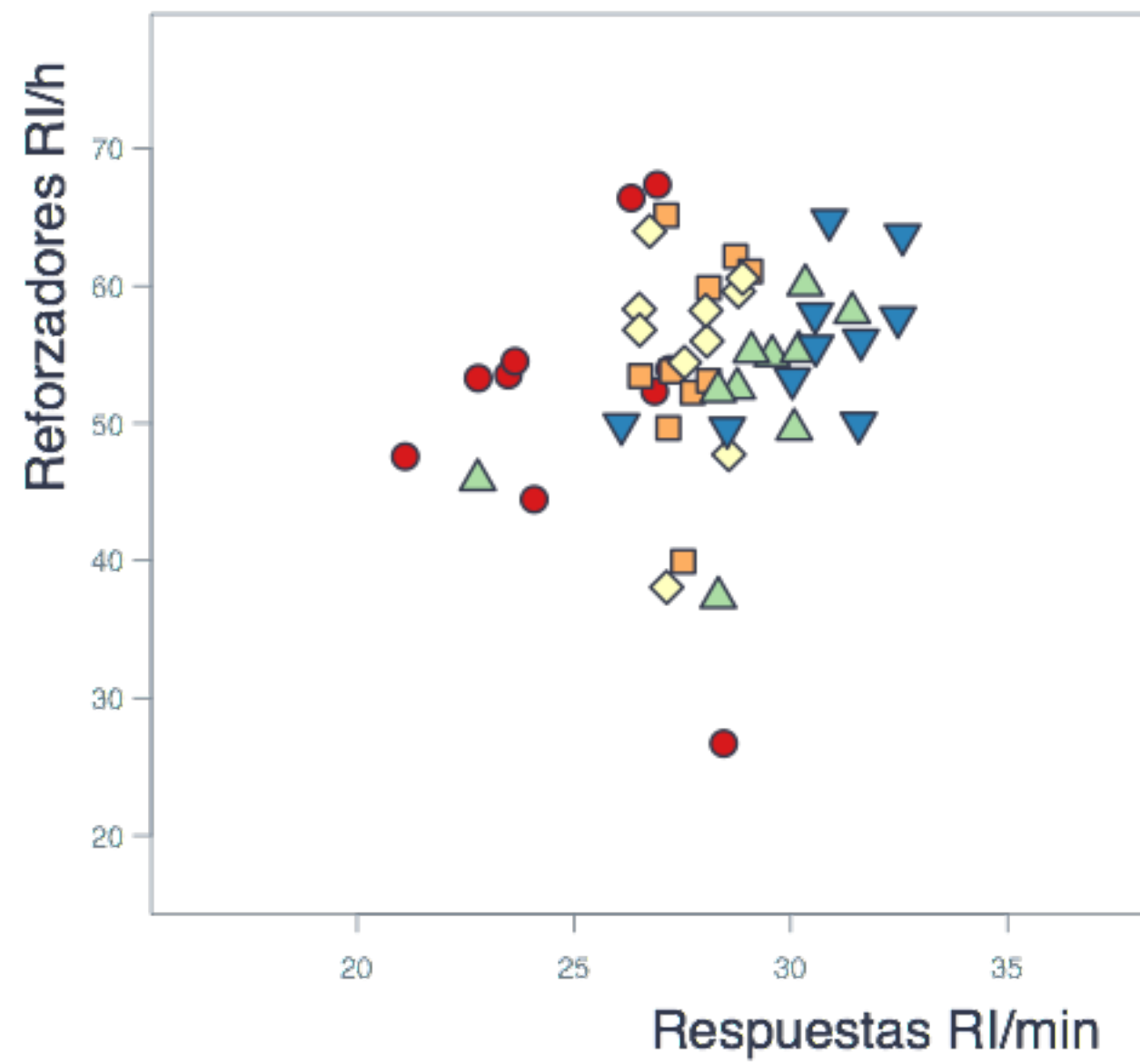




Reforzadores

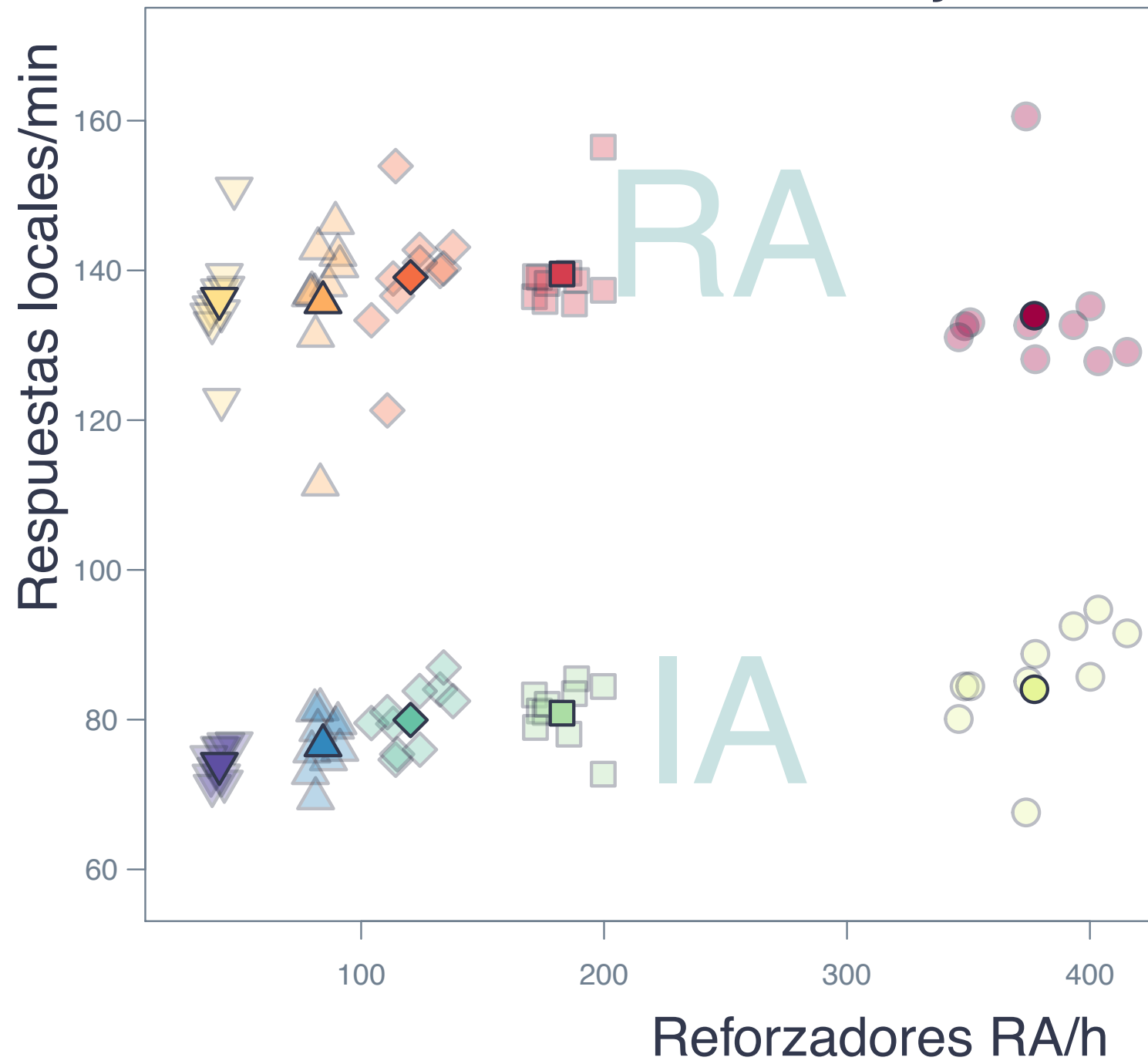




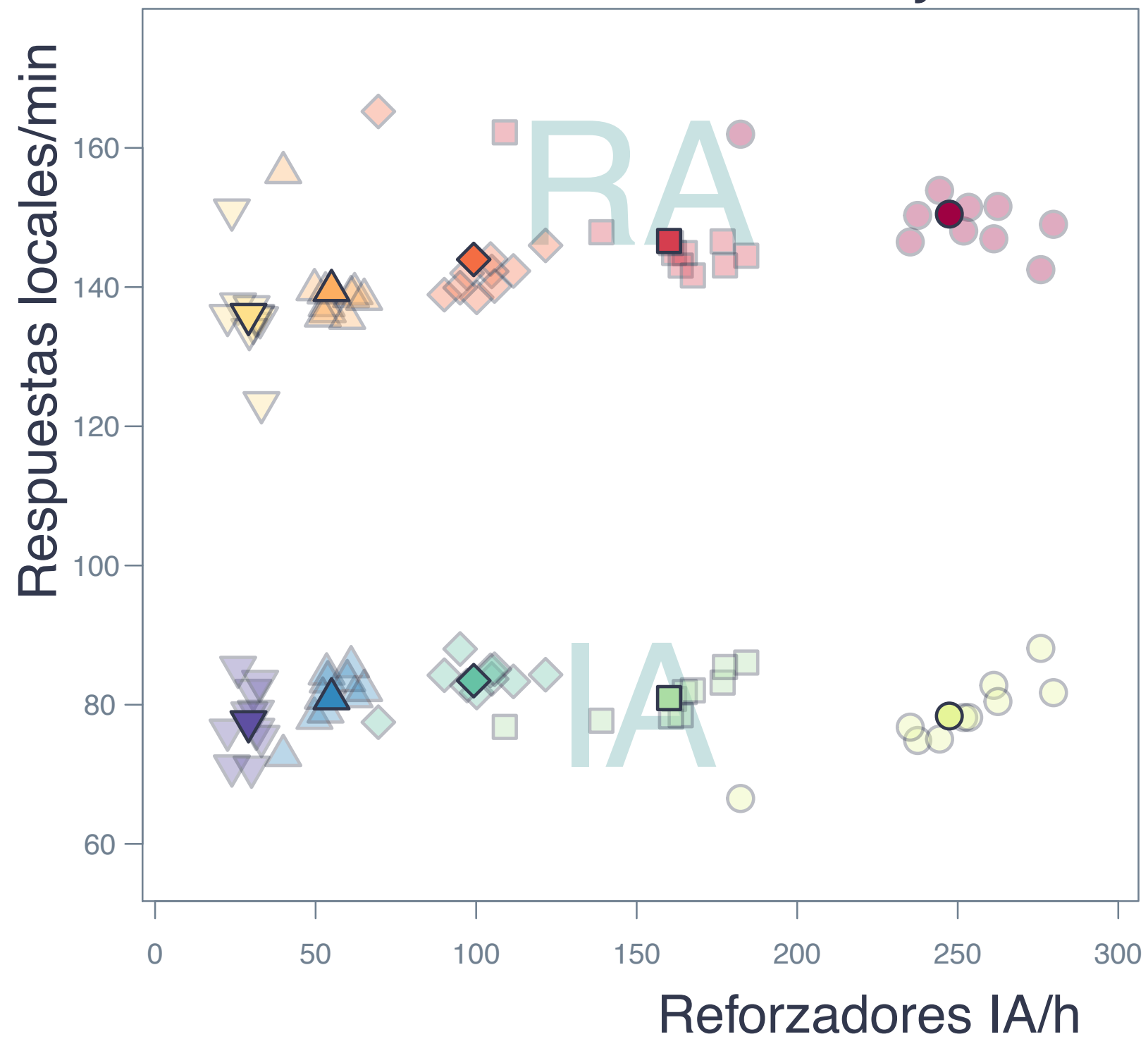


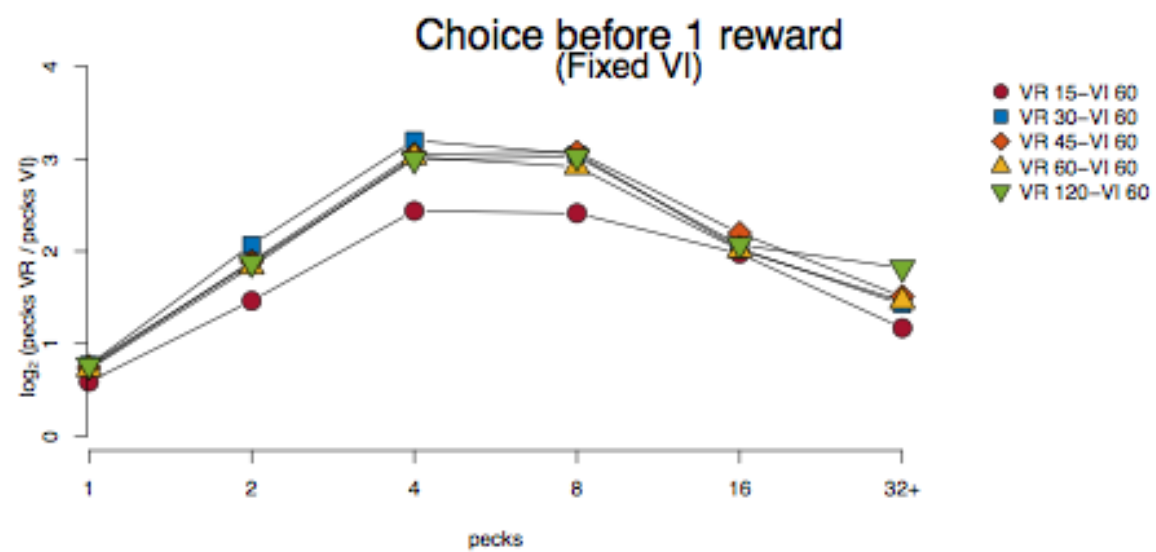
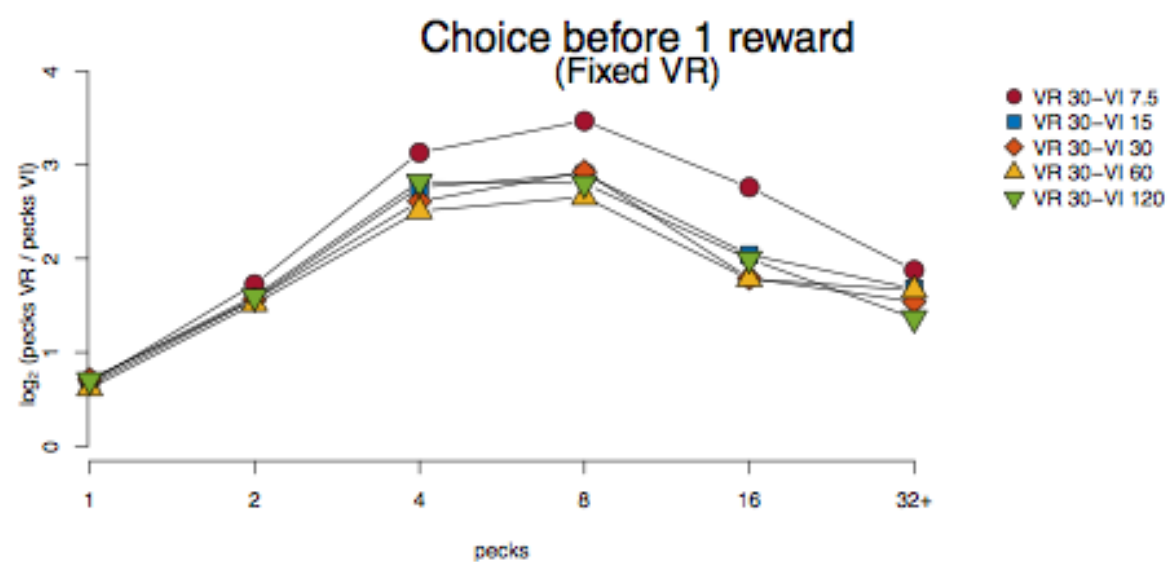


## IA Fijo 60

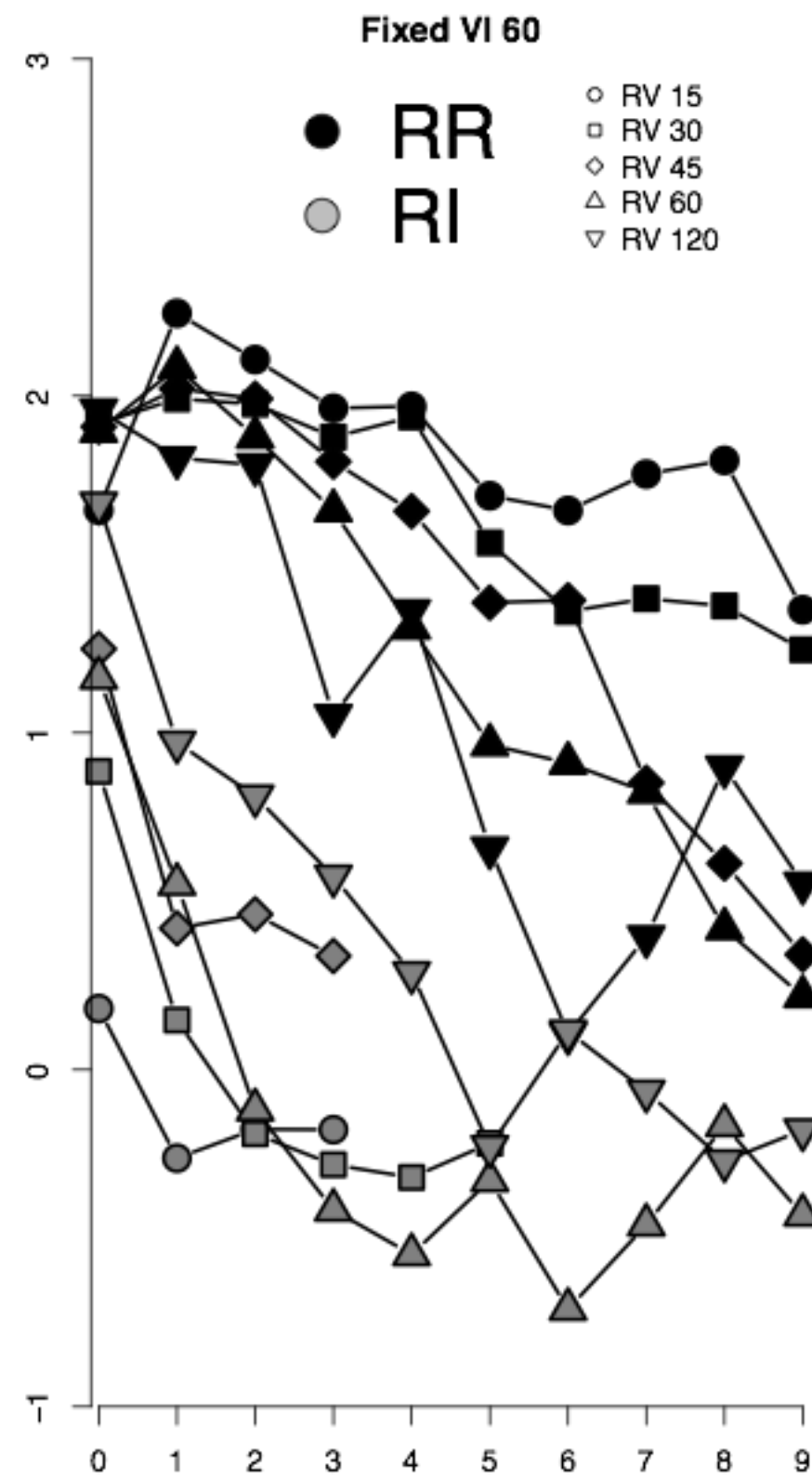
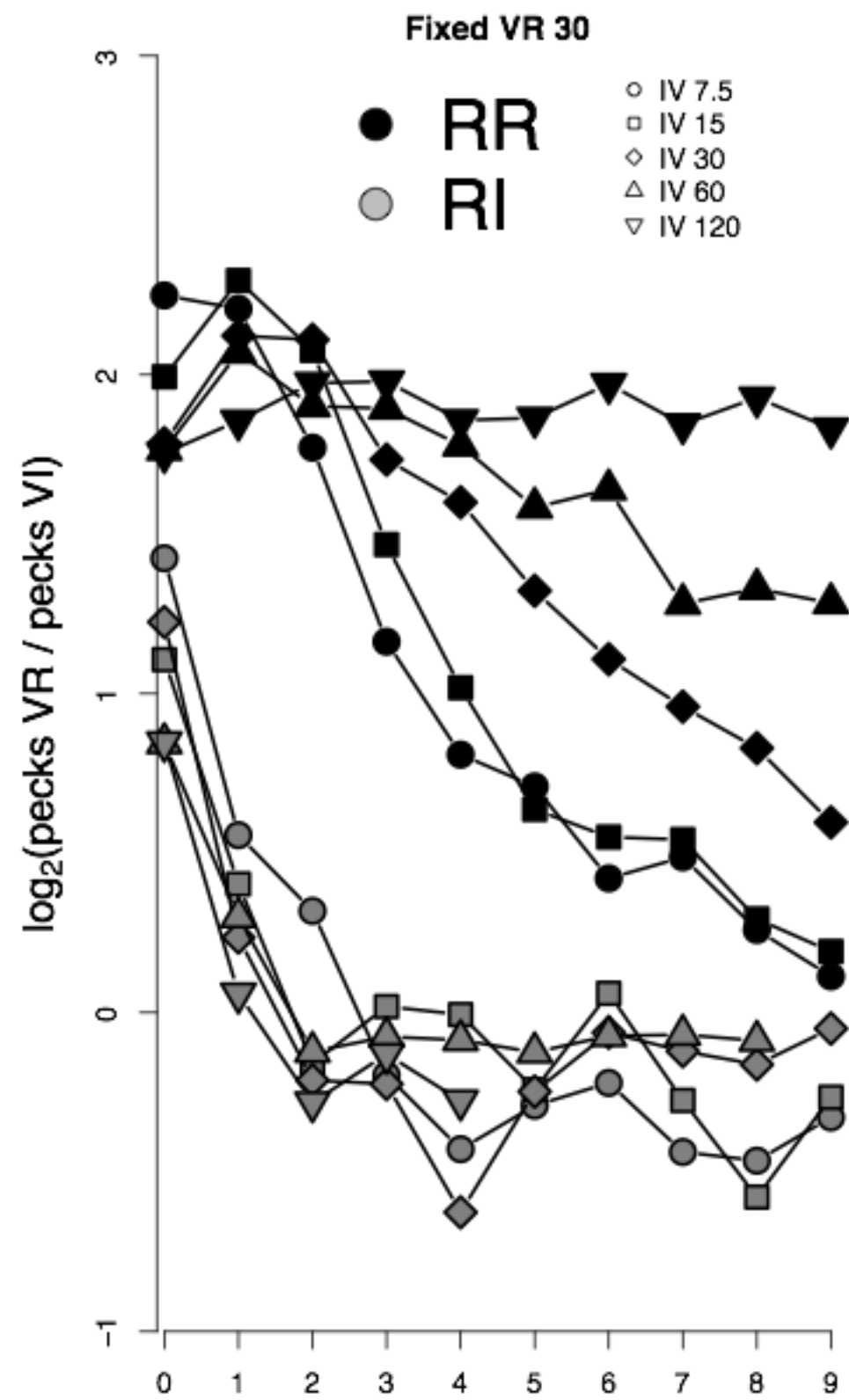


# RA Fijo 30





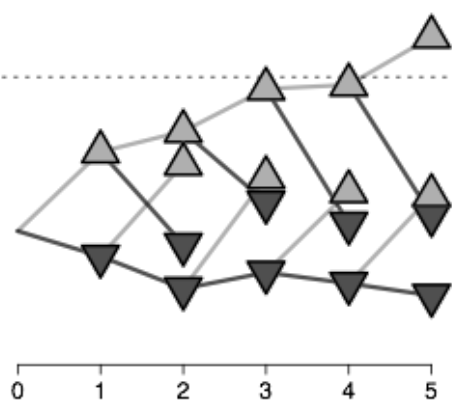
# Continuations



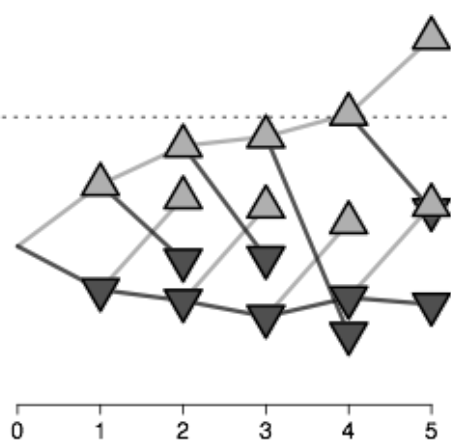
# Response ratios in different reinforcer sequences with first discontinuation

Log response ratio (Random Interval / Random Ratio)

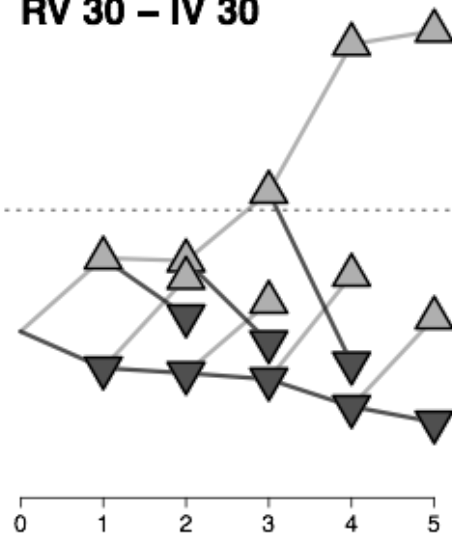
RV 30 – IV 7.5



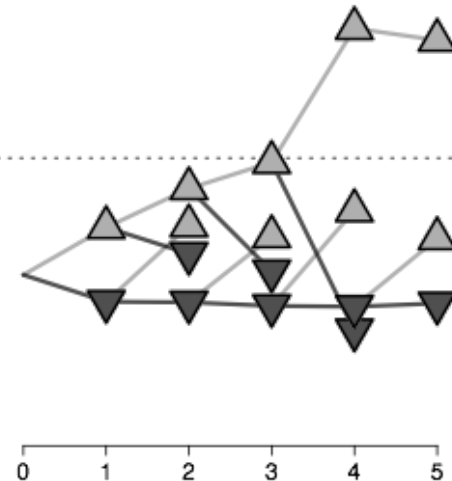
RV 30 – IV 15



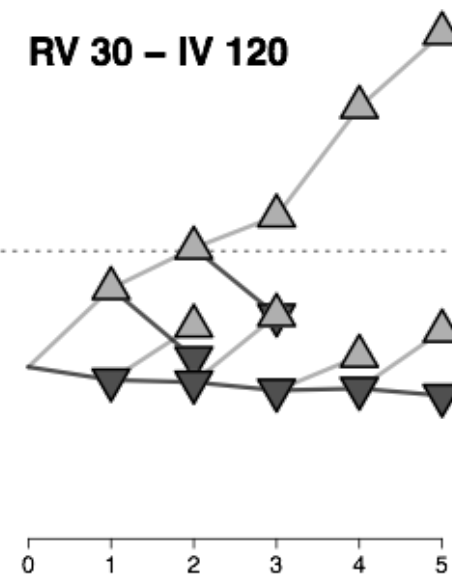
RV 30 – IV 30



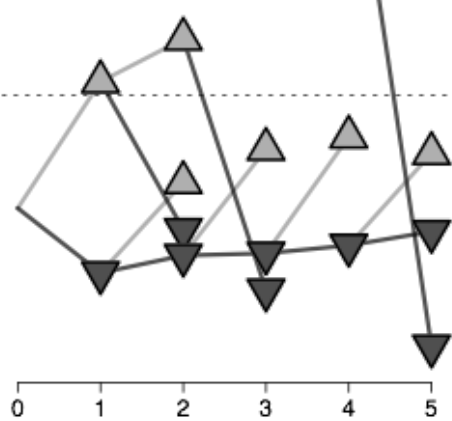
RV 30 – IV 60



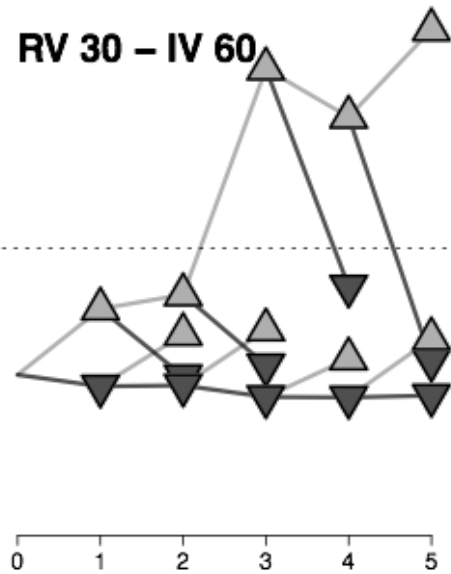
RV 30 – IV 120



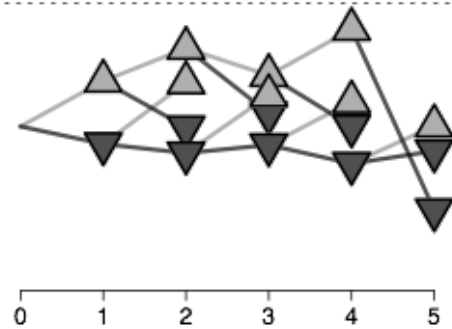
RV 15 – IV 60



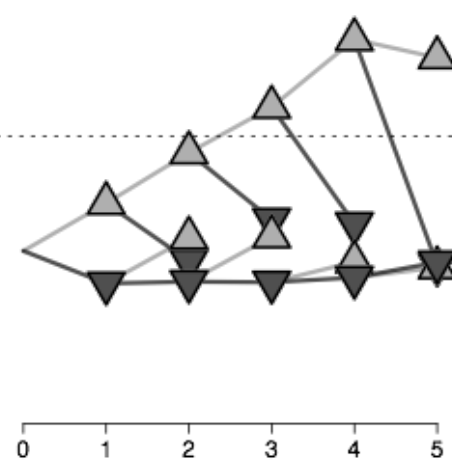
RV 30 – IV 60



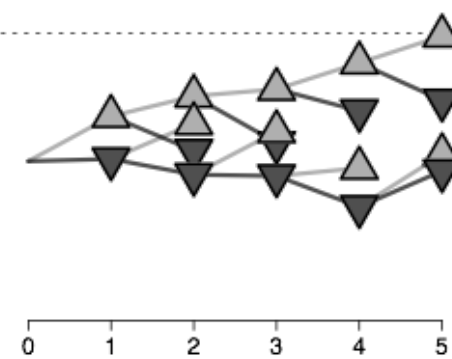
RV 45 – IV 60



RV 60 – IV 60



RV 120 – IV 60

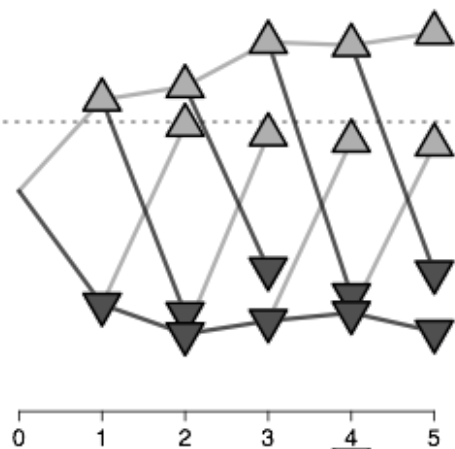


Food deliveries

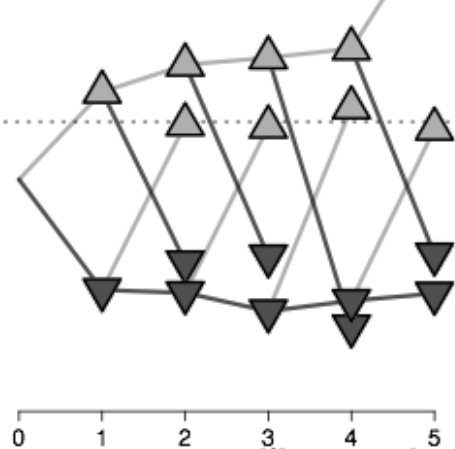
# Time ratios in different reinforcer sequences with first discontinuation

Log time ratio (Random Interval / Random Ratio)

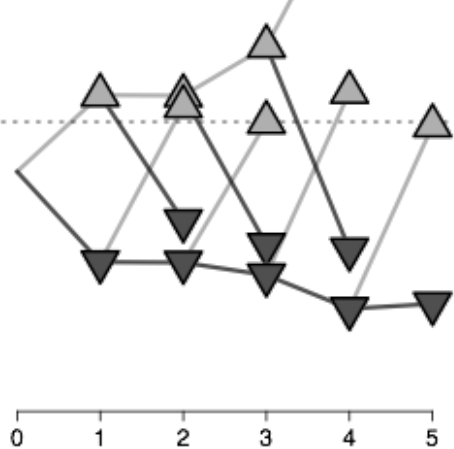
**RV 30 – IV 7.5**



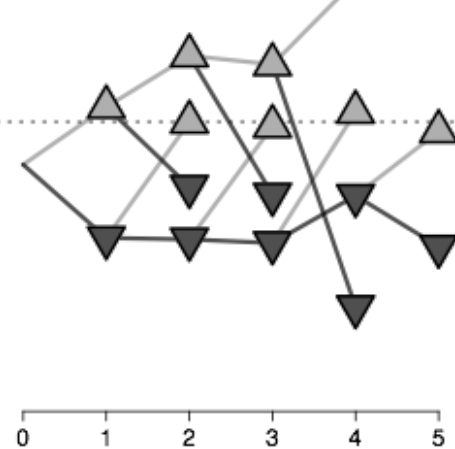
**RV 30 – IV 15**



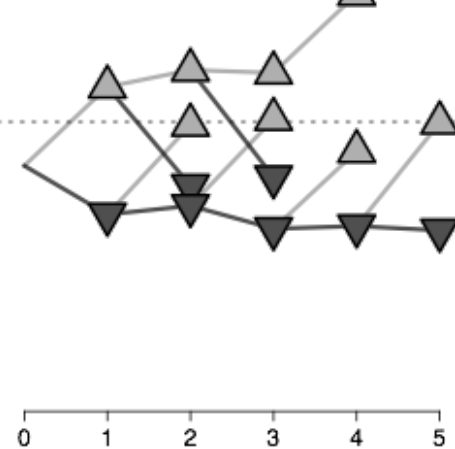
**RV 30 – IV 30**



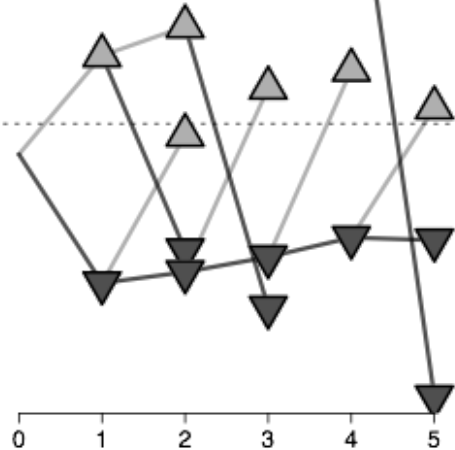
**RV 30 – IV 60**



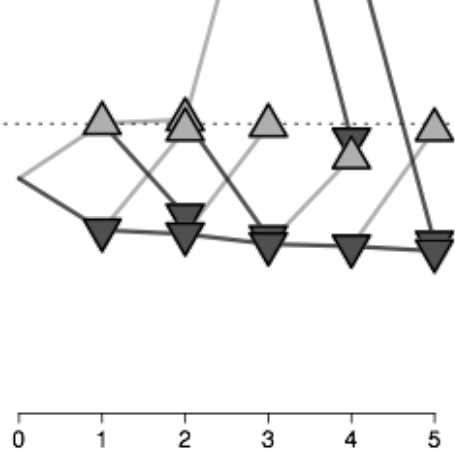
**RV 30 – IV 120**



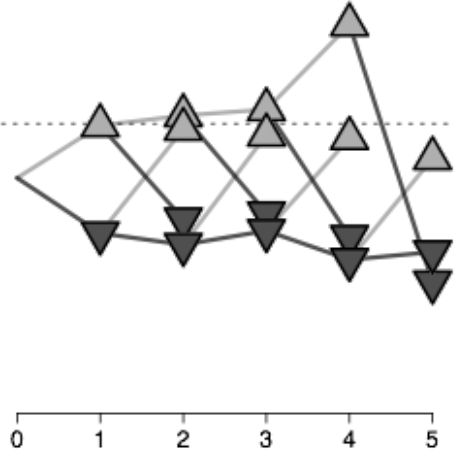
**RV 15 – IV 60**



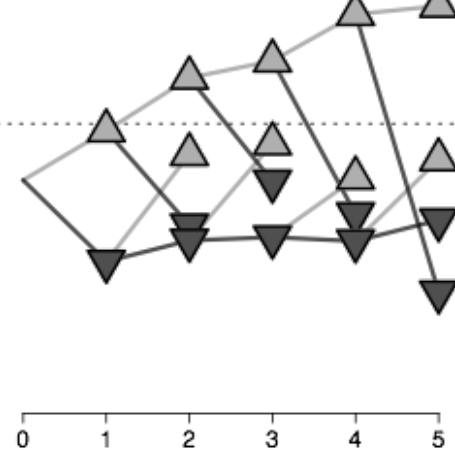
**RV 30 – IV 60**



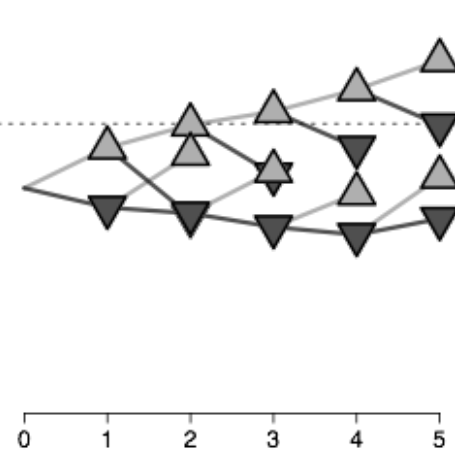
**RV 45 – IV 60**



**RV 60 – IV 60**



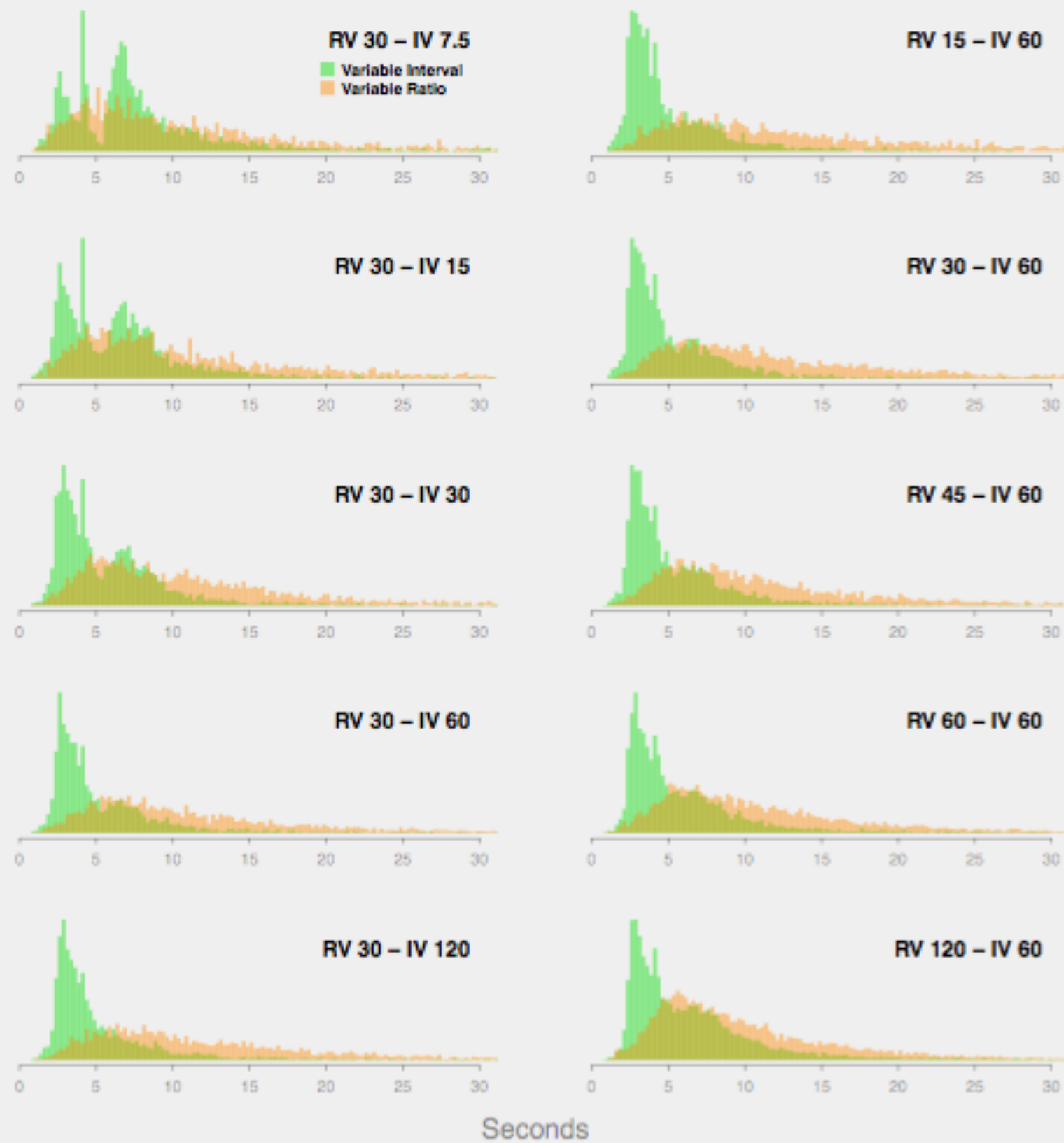
**RV 120 – IV 60**



Food deliveries

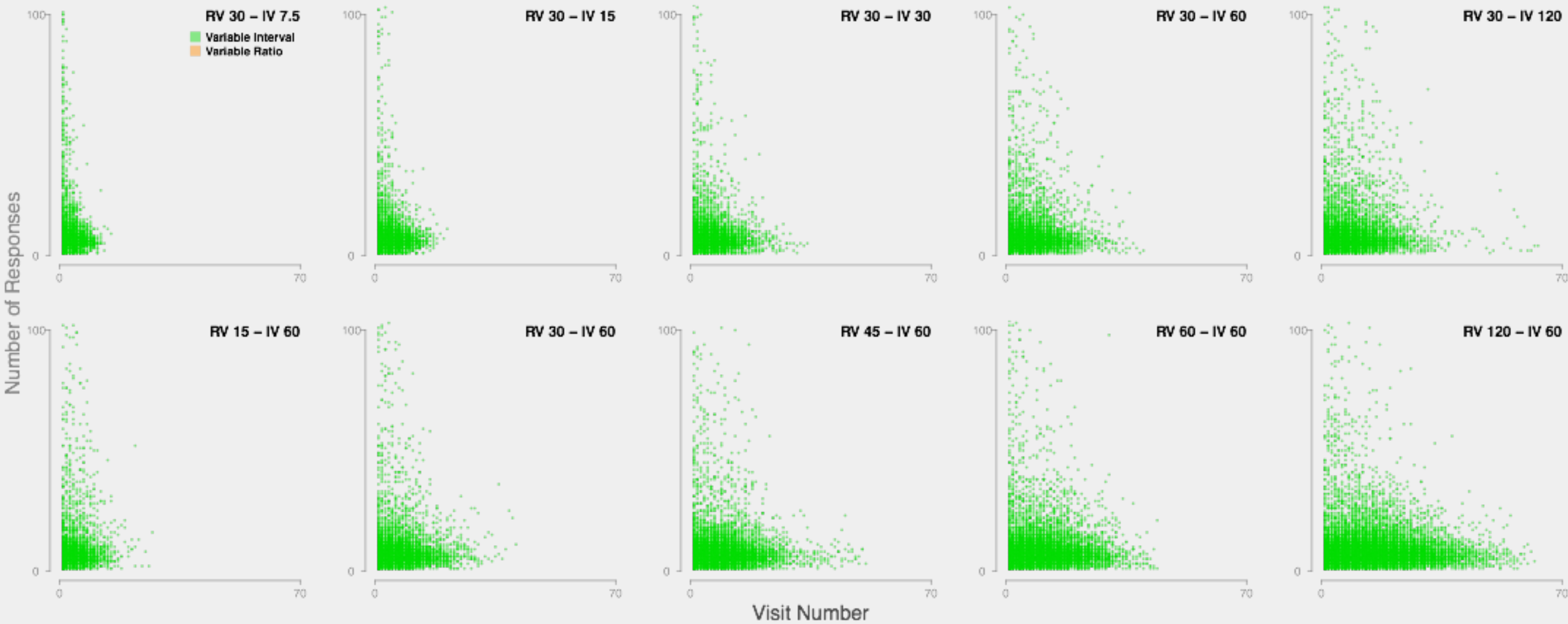
# Visit Length

all birds, sessions S50 to S110



## Number of Responses vs Visit Number

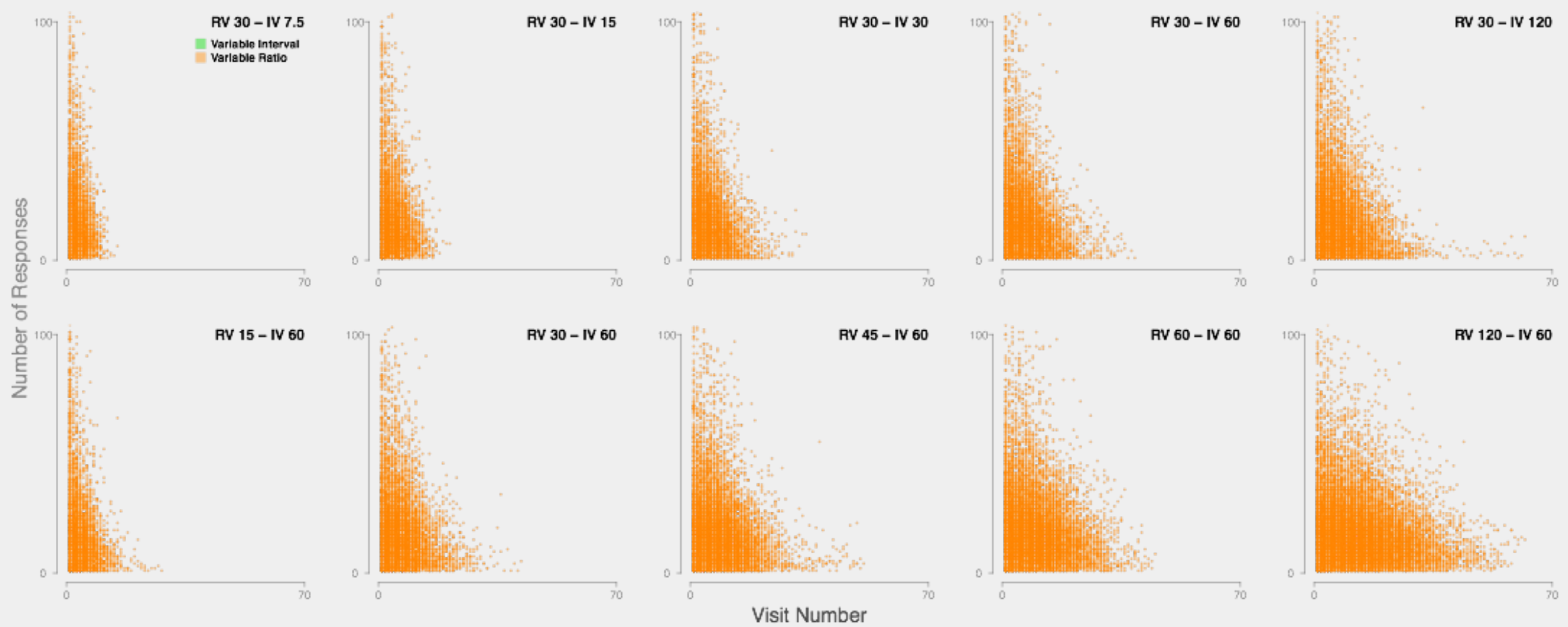
all birds, all sessions





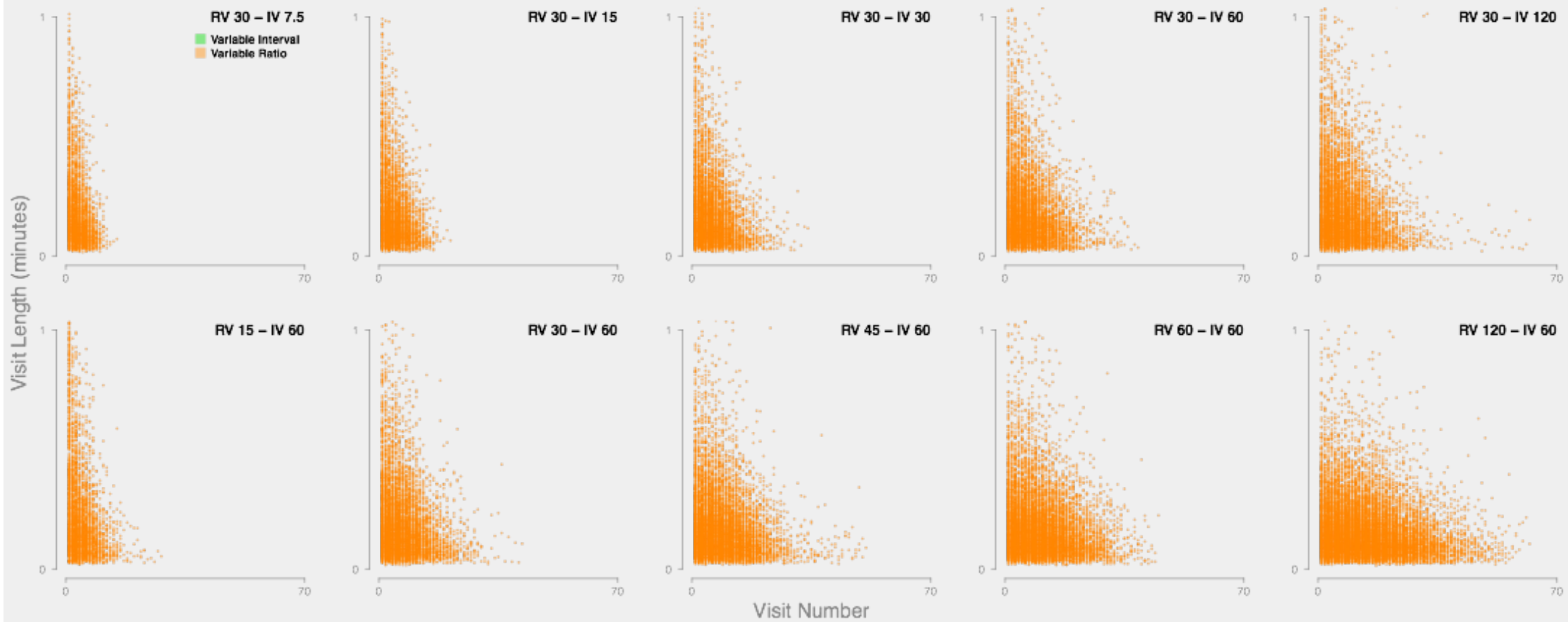
## Number of Responses vs Visit Number

all birds, all sessions



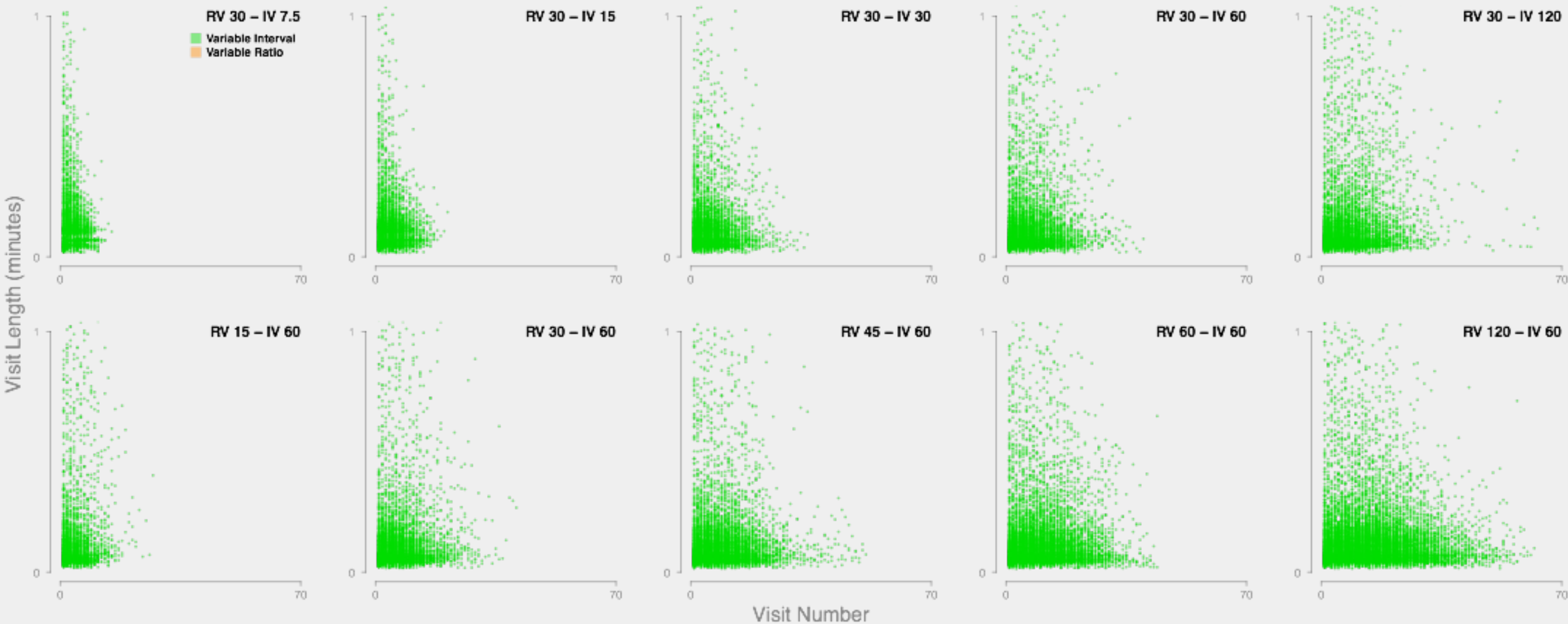
## Visit Length vs Visit Number

all birds, all sessions

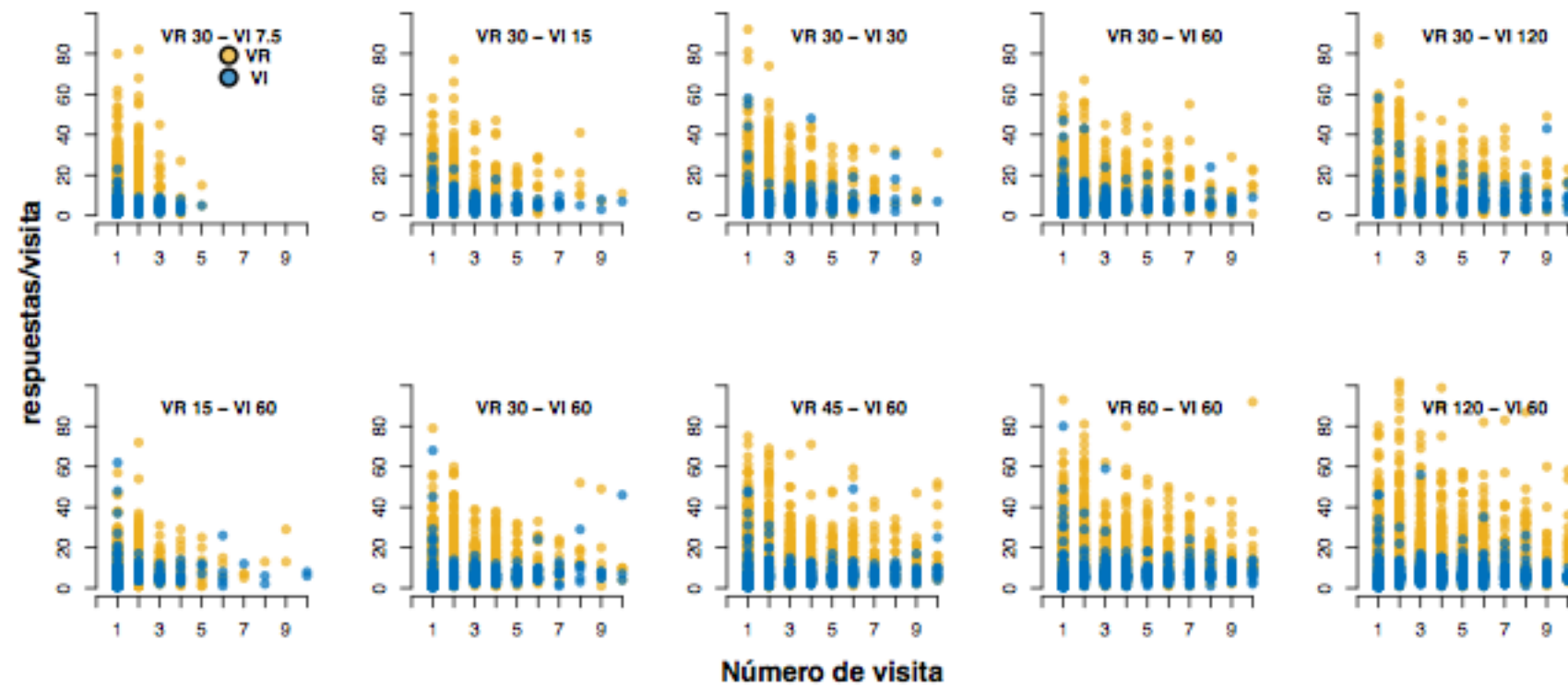


Visit Length vs Visit Number

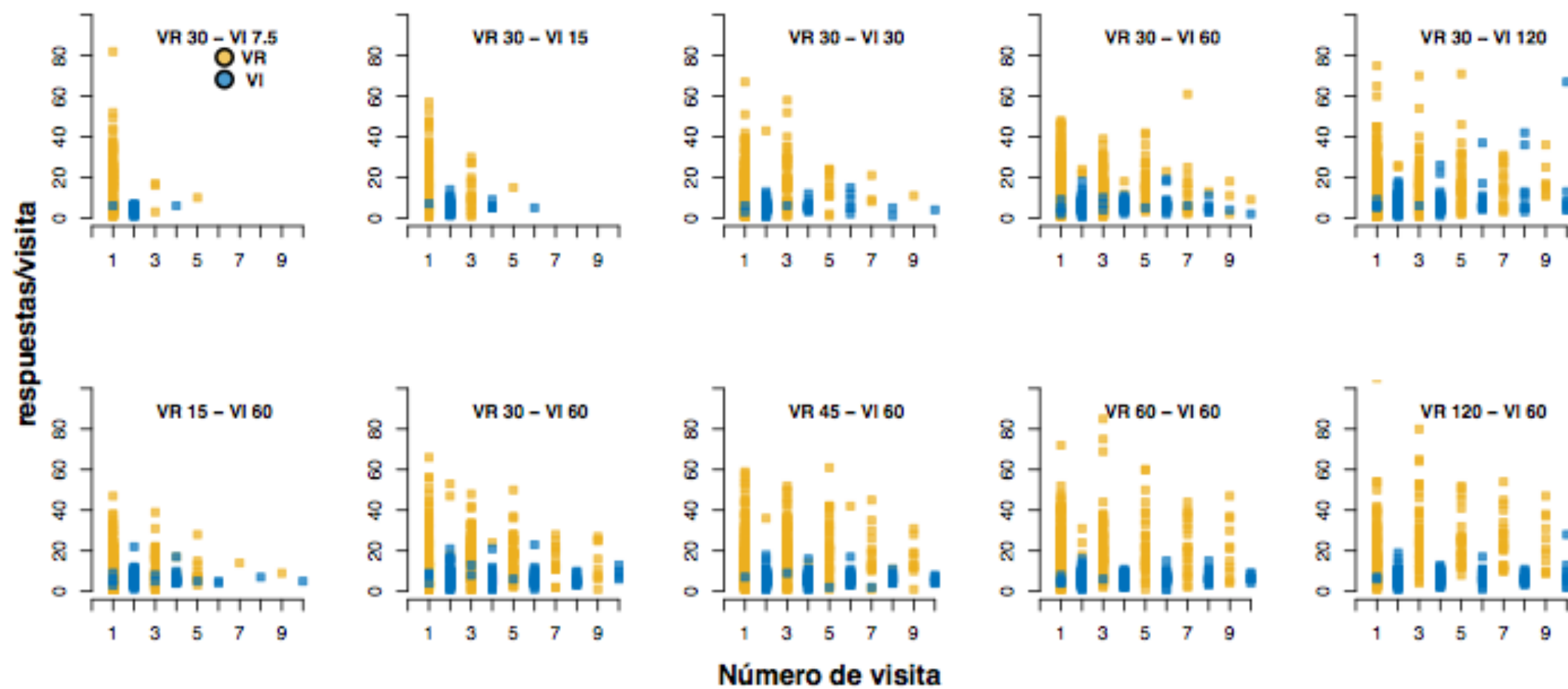
all birds, all sessions



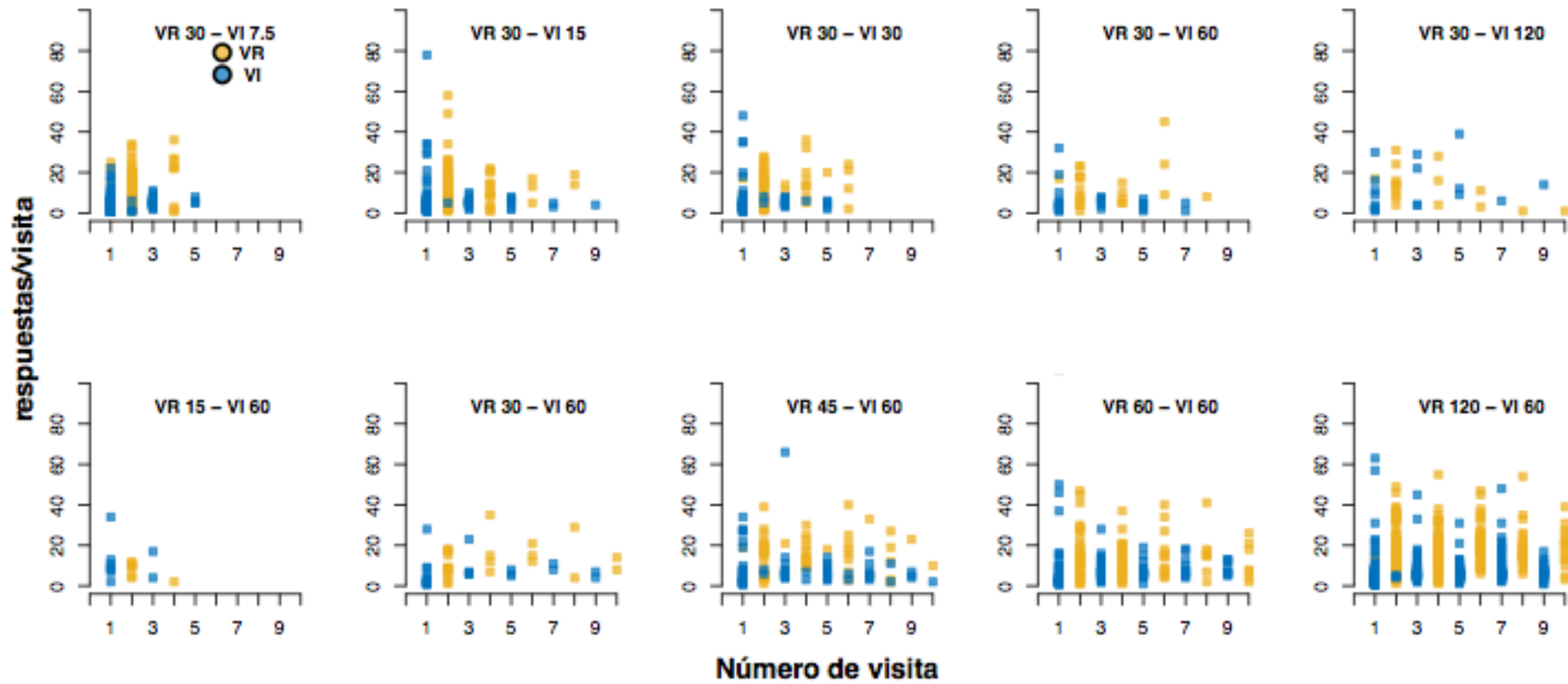
### Antes de primer refuerzo



## Después de VR VR

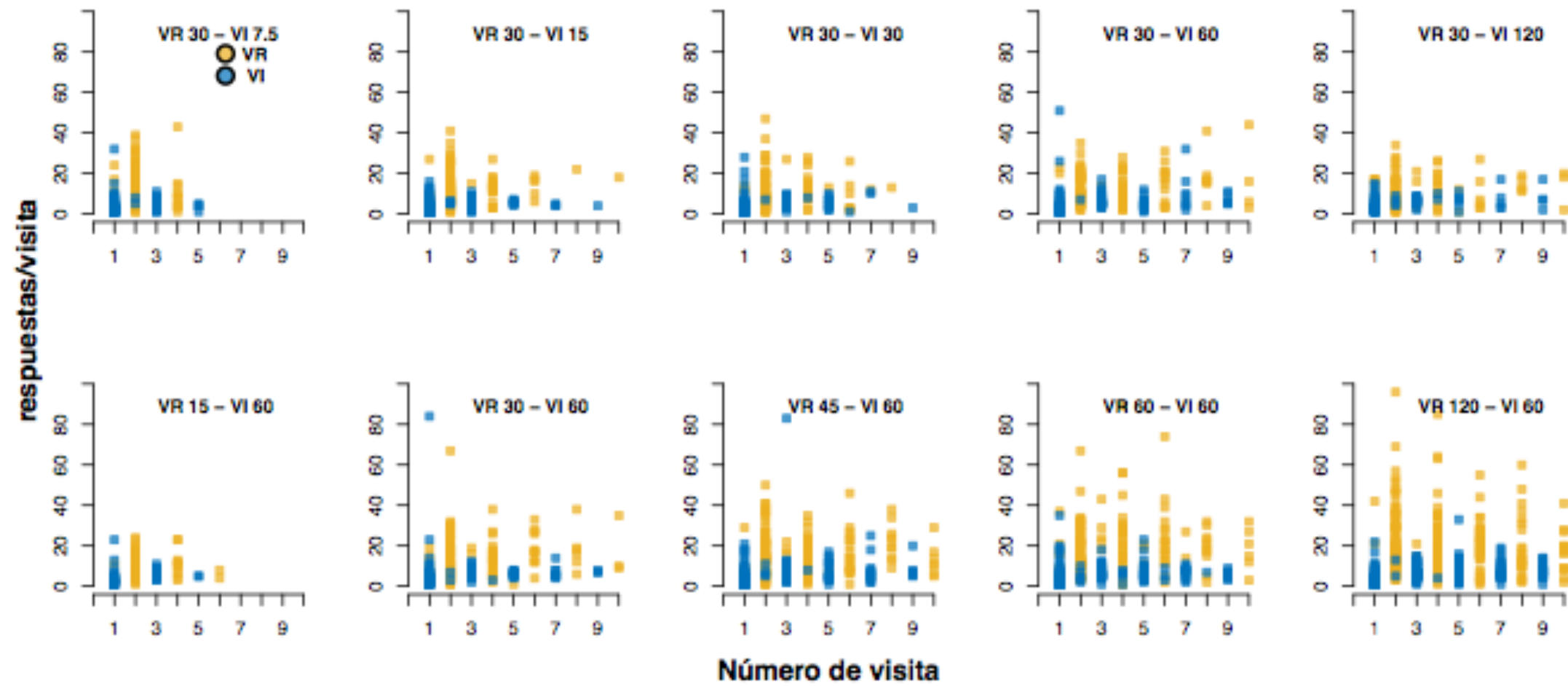


## Después de VI VI

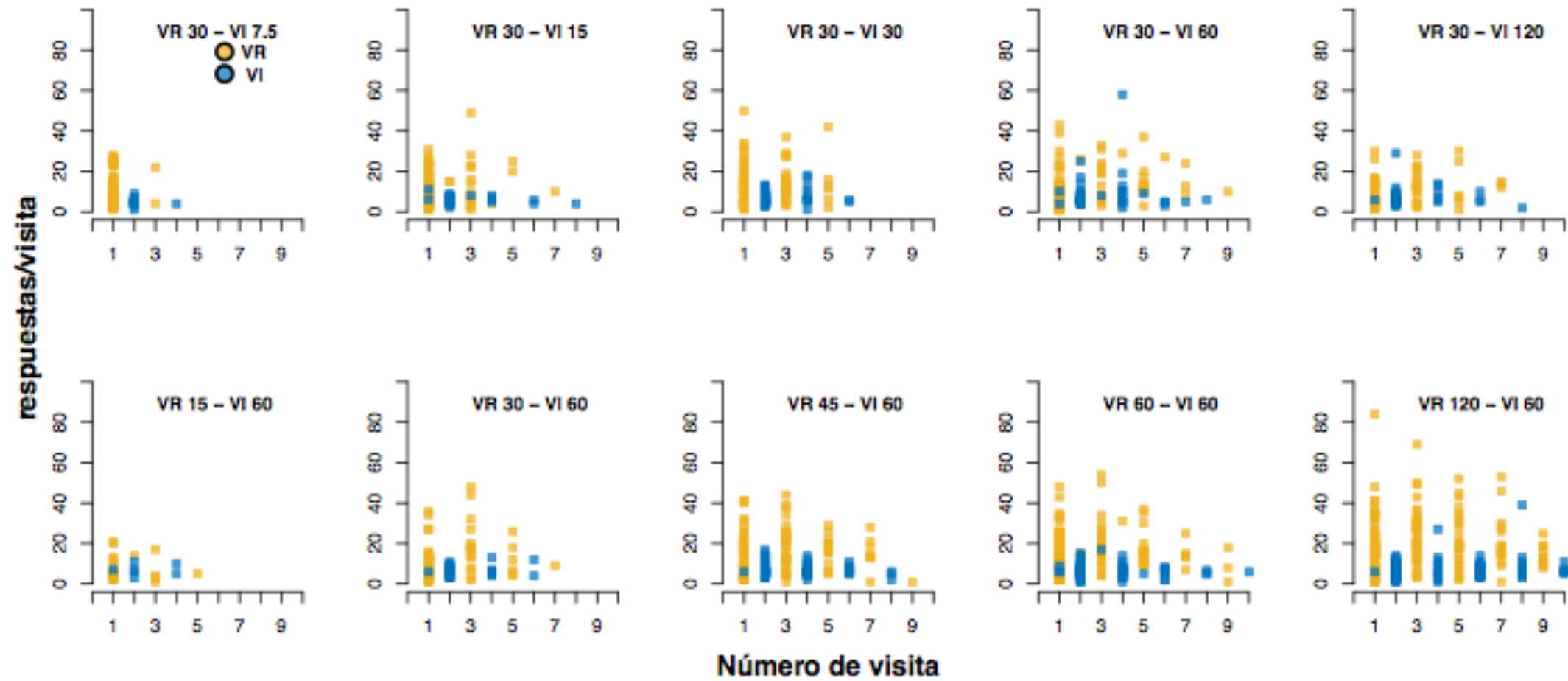




## Después de VR VI



## Después de VI VR





# **Modelos Probabilísticos**

**Comportamiento óptimo bajo  
condiciones de incertidumbre.**

- Dos modelos de la decisión de hacia que lado de la portería lanzar un penalti
- Modelo de refuerzo: Contabilizo el número de veces que anoto gol lanzando a la izquierda y a la derecha y selecciono la respuesta más rentable
- Modelo probabilístico: Computo el número de veces que el portero se lanza a la izquierda o a la derecha, asumo es generada por una distribución de probabilidad y uso esa información para estimar el parámetros de la distribución que haga más verosímil las observaciones. Selecciono la mejor respuesta dada mi estimación del parámetro de esa distribución.

- En nuestro experimento las palomas tienen que determinar a partir de su experiencia con las condiciones de refuerzo cual de los pares del programa concurrente está vigente. Para así maximizar la tasa de refuerzo.

- Necesario computar:

1. Que tan verosímil es la observación de la tasa de refuerzo dado el supuesto de que el programa vigente es X

2. La probabilidad a priori de X

Modelo Bayesiano:

Verosimilitud x Probabilidad a Priori  $\approx$  Probabilidad a posteriori

- Las distribuciones de probabilidad que generan los sucesos biológicamente importantes, son las propiedades estadísticas del entorno, cuyo conocimiento permite:
  - 1. Establecer el estado actual del mundo y
  - 2. Predecir el estado del mundo en el futuro.

- Conociendo el proceso generador que representa la estructura causal del entorno (distribución de probabilidad) es posible predecir y elegir óptimamente.
- Sin embargo los organismos enfrentan dos problemas:
- 1. Problema de la Inducción
- 2. Problema de la Incertidumbre

- Problema de la Inducción
- Los organismos desconocen los parámetros de las distribuciones de probabilidad y deben de inferirlas a partir de un número finito de observaciones.
- Una solución es el teorema de Bayes

## Máxima Verosimilitud

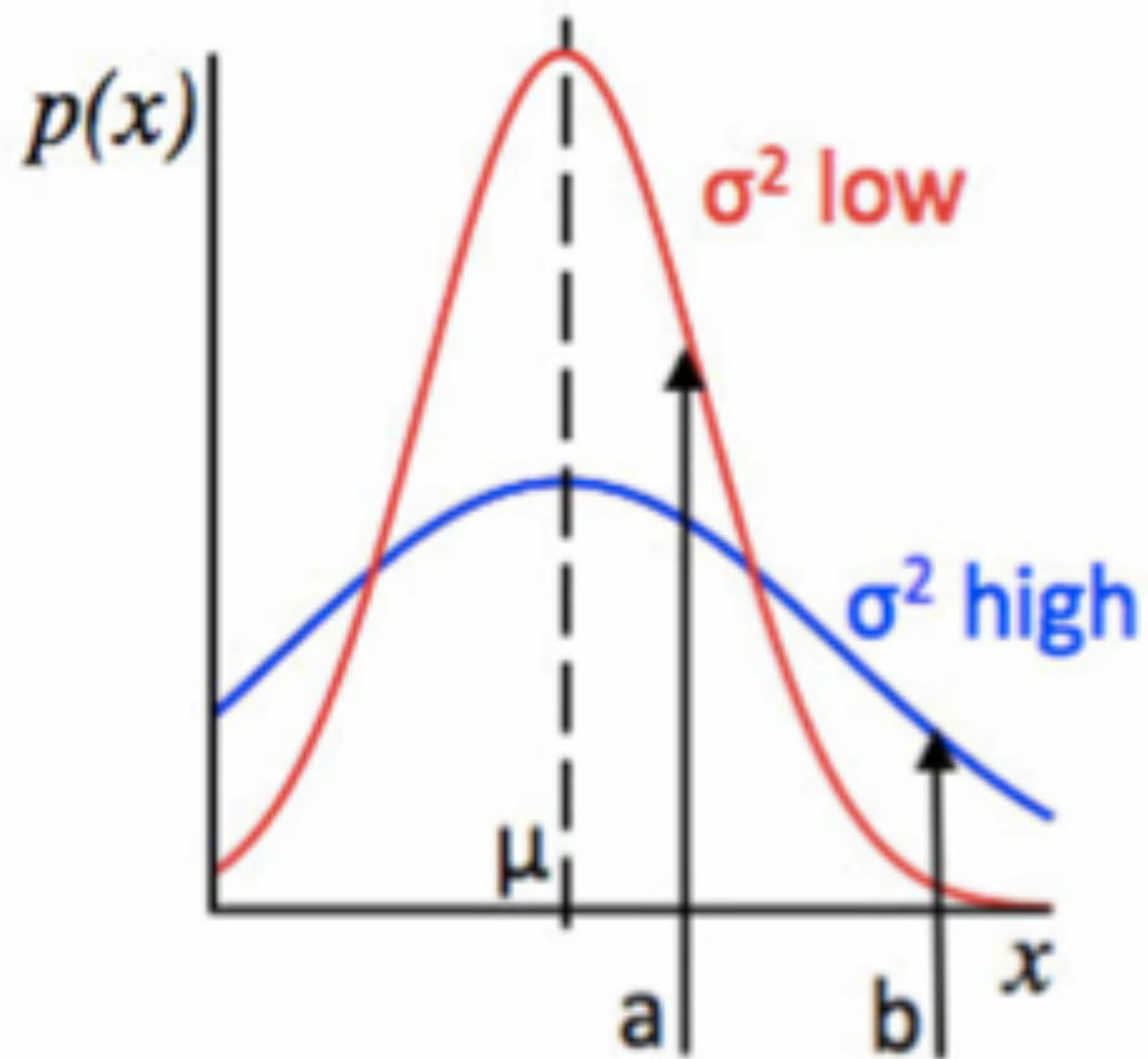
- Básicamente, el mecanismo consiste en buscar para un conjunto de observaciones, cual es el valor del parámetro de la distribución de probabilidad que hace más verosímil ese conjunto de observaciones.



## Segundo Problema: Incertidumbre

- Dos clases de Incertidumbre:
- 1. Una que puede ser predicha. Aun conociendo el proceso generativo, solo podríamos predecir con cual probabilidad ocurrirá un suceso.
- 2. Otra incertidumbre refleja ambigüedad acerca de los valores de los parámetros y de la distribución.

- Dos factores determinan la detección de un cambio:
- 1. La verosimilitud de que con una nueva observación, el estado del mundo sea el mismo,
- 2. La probabilidad a priori de un cambio.
- El grado de incertidumbre (varianza) afecta la verosimilitud



- El organismo tiene que determinar de cual de dos distribuciones con igual media proviene una observación.
- La observación a, alejada de la media es más verosímil que provenga de la distribución roja; mientras que la observación b, es más verosímil que provenga de la distribución azul.
- Con mayor varianza, se requiere de una desviación mucho mayor para concluir que ha habido un cambio.

Gracias

abouzasr@gmail.com

bouzaslab25.com

@abouzasr

