

---

IMPACTO DEL CONTORNO  
EN LOS JUICIOS ESTÉTICOS  
Y EN LAS DECISIONES  
DE ACERCAMIENTO-RECHAZO  
EN ARQUITECTURA

---

OSHIN VARTANIAN<sup>a</sup>; GOKA NAVARRETE<sup>b,c</sup>;  
ANJAN CHATTERJEE<sup>d</sup>; LARS BRORSON FICHE<sup>e</sup>;  
HELMUT LEDER<sup>f</sup>; CRISTIÁN MODROÑO<sup>g</sup>;  
MARCOS NADAL<sup>f</sup>; NICOLAI ROSTYRU<sup>h</sup>;  
MARTIN SKOV<sup>i,j</sup>

---

**ABSTRACT.** On average, we urban dwellers spend about 90% of our time indoors, and share the intuition that the physical features of the places we live and work in influence how we feel and act. However, there is surprisingly little research on how architecture impacts behavior, much less on how it influences brain function. To begin closing this gap, we conducted a functional magnetic resonance imaging study to examine how systematic variation in contour impacts aesthetic judgments and approach-avoidance decisions, outcome measures of interest to both architects and users of spaces alike. As predicted, participants were more likely to judge spaces as beautiful if they were curvilinear than rectilinear. Neuroanatomically, when contemplating beauty, curvilinear contour activated the anterior cingulate cortex exclusively, a region strongly responsive to the reward properties and emotional salience of objects. Complementing this finding, pleasantness—the valence dimension of the affect circumplex—accounted for nearly 60% of the variance in beauty ratings. Furthermore, activation in a distributed brain network known to underlie the aesthetic evaluation of different types of visual stimuli covaried with beauty ratings. In contrast, contour did not affect approach-avoidance decisions, although curvilinear spaces activated the visual cortex. The results suggest that the well-established effect of contour on aesthetic preference can be extended to architecture. Furthermore, the combination of our behavioral and neural evidence underscores the role of emotion in our preference for curvilinear objects in this domain.

**KEYWORDS.** Neuroaesthetics, design, curvature, habitat theory.

---

En promedio, los estadounidenses pasan aproximadamente el 90 por ciento de su tiempo en los interiores (Klepeis, et al. 2001) y hay evidencia que sugiere que existe un patrón similar en todo el mundo (Ott 1989). Junto con nuestra intuición acerca de que las características físicas de los ambien-

---

<sup>a</sup>Departamento de Psicología, Universidad de Toronto–Scarborough, Toronto, ON, Canadá; <sup>b</sup>Departamento de Psicología, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España; <sup>c</sup>Departamento de Psicología, Universidad de York, Toronto, ON, Canadá; <sup>d</sup>Departamento de Neurología, Universidad de Pensilvania, Philadelphia; <sup>e</sup>Departamento de Arquitectura, Diseño y Tecnología de Medios, Universidad Alborg, Dinamarca; <sup>f</sup>Facultad de Psicología y Plataforma de Investigación en Ciencias Cognitivas, Universidad de Viena, Austria; <sup>g</sup>Departamento de Psicología, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España; <sup>h</sup>La Real Academia Danesa de Bellas Artes, Escuelas de Arquitectura, Diseño y Conservación, Copenhague, Dinamarca; <sup>i</sup>Centro de Investigación Danés de Resonancia Magnética, Universidad de Copenhague, Dinamarca, y <sup>j</sup>Grupo de Investigación de Neurociencia, Departamento de Marketing, Escuela de Negocios de Copenhague, Dinamarca. / oshin1@mac.com / OV, GN, AC, LBF,HL, MN, NR y MS diseñaron la investigación; GN y CM realizaron la investigación; OV y GN analizaron los datos, OV escribió el artículo.

tes construidos en los que vivimos y trabajamos influyen en nuestros estados psicológicos, uno esperaría encontrar una gran cantidad de literatura empírica que relacionara las variaciones en las características físicas de la arquitectura con los estados psicológicos. Sin embargo, a pesar de que alguna evidencia apoya el impacto de las características físicas arquitectónicas específicas (p.e., fachadas de edificios y altura) sobre las percepciones y las preferencias (Stamps 1999; Lindal y Hartig 2013), es sorprendente que haya poca investigación sistemática acerca de esta relación. Una razón de esta brecha en la investigación podría ser metodológica. Podría argumentarse que los entornos construidos en su forma común no se reducen a unas pocas variables fáciles de manipular en el laboratorio. Esta limitación explica en parte el fuerte énfasis en los estudios de caso en arquitectura (Jones y Canniffe 2007). Algunos arquitectos también pueden ser escépticos acerca de la medida en que los datos empíricos reunidos por los científicos del comportamiento se puedan utilizar para optimizar la planeación, el diseño y la construcción de espacios (Weber 2012). Este estudio representa un intento por superar estas restricciones metodológicas y principales/filosóficas al establecer un diálogo, empíricamente dirigido, entre la arquitectura y la psicología a través de la neurociencia.

En específico, sostenemos que los datos neurocientíficos tienen un papel importante que jugar en la reducción de la brecha conceptual entre la arquitectura y la psicología, al aclarar algunos de los mecanismos subyacentes que explican cómo las variaciones sistemáticas en las características arquitectónicas llevan a las conductas resultantes. Este argumento se ve reforzado por el conocimiento actual de las bases neuronales de los procesos mentales básicos que subyacen en nuestras respuestas a la arquitectura, incluyendo la percepción visual, la orientación espacial y la memoria (Sternberg y Wilson 2006). Por lo tanto, junto con la creciente literatura sobre la neuroestética —campo dedicado al estudio de los sistemas neuronales que subyacen los juicios estéticos y a la formación de las preferencias (Skov y Vartanian 2009; Chatterjee 2011)— existe la tentadora posibilidad de que nuestras intuiciones sobre cómo nos sentimos y actuamos en ambientes construidos se puedan relacionar con las variaciones sistemáticas en las características físicas de esos ambientes. A su vez, tal evidencia se podría usar para optimizar el diseño de los espacios y, posiblemente, mejorar la salud (Goldstein 2006).

Ya que el presente estudio se debe considerar exploratorio, un objetivo importante fue reducir a un grupo manejable el número de características físicas, potencialmente grande, que se podrían manipular dentro del contexto de la arquitectura. Para los propósitos de este estudio, nuestra variable clave de interés fue el contorno de los espacios arquitectónicos. Elegimos el contorno porque históricamente los arquitectos han considerado que éste es una característica física importante en la planeación, el

diseño y la construcción de espacios (Le Corbusier 1948). Además, la selección del contorno estuvo empíricamente motivada porque estudios previos ha demostrado que éste afecta los juicios estéticos. En concreto, las primeras investigaciones psicológicas, de casi cien años antes, examinaron el efecto del contorno en los sentimientos (Lundholm 1921; Poffenberger y Barrows 1924; Hevner 1935). En el espíritu de los primeros empiristas, los experimentadores manipularon el contorno con estímulos simples, tal como líneas o visualizadores abstractos compuestos de curvas o ángulos. Los resultados de esos primeros estudios, confirmados posteriormente con el uso de tipografía (Kastl y Child 1968), confluyen para mostrar que las formas curvilíneas se experimentan como más suaves o más agradables, mientras que las formas angulares se experimentan como más duras y más serias.

Los investigadores modernos han ampliado el foco de esos primeros estudios para incluir también las preferencias. Los resultados han demostrado de manera consistente que las personas prefieren típicamente objetos curvilíneos a rectilíneos, ya se trate de formas geométricas, objetos para la casa, muebles o componentes interiores de los autos (Leder y Carbon 2005; Bar y Neta 2006; Dazkir y Read 2012), y que este efecto persiste incluso cuando se controla la simetría, lo prototípico y el balance (Silvia y Barona 2009). Por otra parte, como en los primeros estudios, los estudios contemporáneos han mostrado que la curvatura provoca emociones agradables (Leder y Carbon 2005; Dazkir y Read 2012). Este hallazgo es importante porque sugiere que el impacto del contorno sobre el juicio, en forma de una preferencia mayor por los objetos curvilíneos, puede estar conducido por una respuesta afectiva a las curvas. Es interesante notar que la psicóloga Kate Gordon esbozó una conclusión similar hace más de un siglo, cuando afirmó que “las curvas dan la sensación, en general, de ser más bellas que las líneas rectas. Son más elegantes y flexibles, y evitan la dureza de algunas líneas rectas (Gordon 1909). Nótese en la definición de Gordon no sólo la observación de una preferencia por las formas curvilíneas, sino también su fundamento en los sentimientos. Nos propusimos medir esta respuesta afectiva en la arquitectura usando ambos métodos, el conductual y el neuronal.

En términos de comportamiento, nos centramos en los juicios estéticos y en las decisiones de acercamiento-rechazo, selección que se basó en dos razones. Primero, ambos resultados son de interés para los arquitectos y para los usuarios de espacios similares. Segundo, desde una perspectiva evolutiva, hay razón para creer que las señales del ambiente que dan origen a los juicios estéticos podrían confirmar aquellos que regulan biológicamente conductas más fundamentales, tal como las decisiones de acercamiento-rechazo. Esta idea se basa en lo que el geólogo Jay Appleton denominó “teoría del hábitat”, de acuerdo con la cual la satisfacción

estética que se deriva de la contemplación de un paisaje natural es proporcional a la medida en que sus características físicas señalan condiciones ambientales favorables o desfavorables para la supervivencia (Appleton 1975/1996). Ideas similares se han dicho en otro lugar (Kellert y Wilson 1993; Nasar 1988; Sagan y Druyan 1992), fundamentadas en el argumento de que la relación con nuestro ambiente natural está influenciada por nuestra historia evolutiva. Como dijo Appleton de manera elocuente, “El punto en el que siempre parece que corremos contra un muro de ladrillos es en la comprensión más precisa de cómo los ingredientes actuales del paisaje operan en nuestro sentido estético” (Appleton 1975/1996).

En esencia, en la teoría del hábitat no sólo vemos una clara relación entre los juicios y las valoraciones estéticas, que son más fundamentales para sobrevivir, sino también un mecanismo que describe esta relación.

Extendiendo la teoría de Appleton, basada en el paisaje para construir ambientes, el arquitecto Grant Hildebrand propuso que un argumento análogo podía realizarse en cuanto a nuestras relaciones con los espacios construidos (Hildebrand 1999). En particular, Hildebrand argumentó que dado nuestro cambio relativamente reciente a ambientes construidos, es posible que las características que evolucionaron para regular nuestras relaciones con hábitats naturales continúen ejerciendo su influencia en nuestras interacciones con los espacios construidos (Kaplan 1992 y 1987). Esta teoría sugiere que, en el contexto de los espacios construidos, uno puede explorar el grado de traslape entre la conducta y las respuestas neuronales de los observadores cuando se les pide hacer juicios estéticos y decisiones de acercamiento-rechazo. Lo que es más, creemos que el contorno podría ser uno de los “ingredientes reales” (Appleton 1975/1996) que opera en nuestro sentido estético y en nuestras decisiones para acercarnos a ciertos ambientes construidos y para evitar otros.

Aparte del contorno, incluimos también la altura del techo y la apertura como dos variables de control en nuestro diseño. Optamos por controlarlos de manera explícita dentro de cada nivel de contorno ya que existe evidencia de que pueden influir en la cognición y en la emoción dentro del contexto de la arquitectura (Meyers-Levy y Zhu 2007; Franz, et al. 2005). Estos aspectos no se ingresaron como variables independientes de interés focal en el presente estudio porque evidencia empírica previa que las relaciona en específico con nuestras dos medidas resultantes está ausente o limitada.

Nuestro estudio consistió en presentar a los participantes en un escáner de resonancia magnética funcional (fMRI, funcional Magnetic Resonance Imaging), fotografías de espacios de interiores que variaban en el contorno (Fig. 1). El estudio se presentó en dos corridas administradas de manera alternada entre los participantes. En la corrida de juicio de belleza, se les instruyó a los participantes que respondieran “bello” o “no bello” al ver

cada estímulo. En la corrida de acercamiento-rechazo, se les indicó a los participantes que respondieran “entrar” o “salir” al ver cada estímulo para indicar si era un espacio al que les gustaría entrar o abandonar. Nuestra hipótesis fue que los espacios con contornos curvilíneos serían más probables de obtener el juicio de “bonito”, en la corrida del juicio de belleza, y la decisión de “entrar”, en la corrida de acercamiento-rechazo, que en los espacios con contornos rectilíneos. Este resultado podría ampliar hallazgos previos en relación con la preferencia por objetos curvos en el dominio de la arquitectura, y determinar la medida en que se correlacionan los juicios estéticos y las decisiones de acercamiento (como una función del contorno). Por otro lado, tras las exploraciones de resonancia magnética funcional, recogimos puntuaciones de “belleza” y “agradable” para todos los estímulos, permitiéndonos conducir análisis paramétricos para investigar aún más la relación entre la activación cerebral y la evaluación estética.



FIGURA 1. Ejemplos de los estímulos que se usaron en esta investigación. El objetivo central de este estudio implicó una comparación de contornos (i.e., espacios curvilíneos vs. espacios rectilíneos), aunque también controlamos la altura de los techos (alto, bajo) y la apertura (abierto, encerrado) dentro de nuestras dos condiciones de interés (véase *Métodos*).

A nivel neurobiológico, hicimos predicciones disociables para los juicios de belleza y para las decisiones de acercamiento-rechazo. Respecto al primero, una gran cantidad de literatura en neuroestética ha demostrado que los juicios estéticos activan una red neuronal distribuida (Nadal, et al. 2008), incluyendo los circuitos de recompensa cerebral y afectivos (Vartanian y Goel 2004; Kawabata y Zeki 2004; Ishizu y Zeki 2011; Ishai 2007; Chatterjee et al 2009; Di dio y Gallese 2009). De hecho, basado en los resultados del más grande meta-análisis de estudios de neuroimagen de apreciación estética hasta la fecha, Brown y colaboradores definieron un "circuito central para el procesamiento estético" (Brown, et al. 2011). No muy distinto de lo que se ha propuesto para la experiencia del afecto central en la emoción (Barrett, et al. 2007; Barret y Wager 2006), este circuito incluye cuatro estructuras: corteza orbitofrontal (COF), ganglios basales, ínsula anterior y corteza cingulada. Cada estructura tiene una función específica, donde la COF en el procesamiento de la recompensa está bien establecido (Kringelbach 2005). En este caso, la función subyace a la percepción de cualidades sensitivas y de recompensa de los objetos. La ínsula anterior representa las respuestas corporales en forma de entradas para la corteza interoceptiva. La corteza cingulada anterior (CCA), dada su fuerte conectividad, en estado de reposo, con ambos, la COF y la ínsula anterior, se propone como subyacente en el monitoreo de la relevancia emocional (Taylor, et al. 2009). Finalmente, el rol de los ganglios basales implica el procesamiento de información hedónica (Berridge y Kringelbach 2008). Ya que estudios de comportamiento previos han demostrado que la curvatura provoca emociones placenteras (Leder y Carbon 2005, Dazkir y Read 2012), propusimos la hipótesis de que, en comparación con la visualización de espacios rectilíneos, la visualización de espacios curvilíneos podría activar estructuras coextensivas con la recompensa cerebral y las redes de emociones, con interés especial en las regiones subrayadas en Brown, et al. (2011). A su vez, propusimos la hipótesis de que, el contraste inverso (i.e., rectilíneo-curvilíneo) podría activar la amígdala. Esta predicción específica se derivó de un estudio de fMRI previo en el que se mostró que visualizar objetos rectilíneos todos los días activaba la amígdala; esto sugiere que la nitidez [*sharpness*] podría servir como una señal de alerta, temprana, sobre el potencial peligro (Bar y Neta 2007).

Con respecto a las decisiones de acercamiento-rechazo, dos cuerpos distintos de evidencia informaron nuestras predicciones. En primer lugar, se ha demostrado que el sistema neuronal de las motivaciones de acercamiento-rechazo está lateralizado: las motivaciones de acercamiento están lateralizadas de manera predominante al hemisferio izquierdo, mientras que las emociones de rechazo están predominantemente lateralizadas al hemisferio derecho (Rutherford y Lindell 2011; Murphy, et al. 2003). Además, la estimulación eléctrica de distintas regiones del cerebro puede

provocar de manera incondicional conductas de acercamiento y de rechazo (Knutson y Greer 2008; Olds y Fobes 1981; Panksepp 1998; Hanakawa, et al. 2008). Por ejemplo, la estimulación eléctrica de las regiones cerebrales que reciben proyecciones de las neuronas dopaminérgicas del cerebro medio—incluyendo el núcleo acumbens así como la corteza prefrontal mesial— provoca un comportamiento de acercamiento. A su vez, la estimulación eléctrica de la ínsula anterior y de la amígdala baso-lateral provoca conducta de rechazo. Aparte de esta evidencia de las bases motivacionales del comportamiento de acercamiento-rechazo, contemplar el acercamiento o el rechazo también puede activar las regiones del cerebro implicadas en el mecanismo de la imaginación o en la planeación del movimiento motor voluntario, mientras la persona considera entrar o salir del espacio (Hanakawa, et al 2008; Crammond 1997; Decety 1996; Grush 2004; Deiber, et al. 1998). Por ello establecemos la hipótesis de que, comparado con la vista de espacios rectilíneos, los espacios curvilíneos activarían redes asociadas con la motivación de acercamiento o las regiones involucradas en la maquinaria de la imaginación o la ejecución. Además, establecemos la hipótesis de que el contraste inverso (i.e., rectilíneo-curvilíneo) podría activar las redes asociadas con la motivación de rechazo.

## RESULTADOS

### *Conductual*

Analizamos el efecto del contorno en los juicios de belleza y en las decisiones de acercamiento-rechazo realizados por los participantes durante sesiones de escaneo de manera alterna. Una prueba Wilcoxon de evaluación de señales [*Wilcoxon on Signed Ranks Test*] demostró que el contorno tiene un efecto significativo en los juicios de belleza,  $Z = -2.13$ ,  $P < 0.05$ . En particular, los participantes tendieron a juzgar los espacios como bellos si éstos tenían más contornos curvilíneos que rectilíneos (Fig. 2). En contraste, el contorno no tuvo efecto alguno en las decisiones de acercamiento-rechazo,  $Z = -1.27$ ,  $P = 0.21$  (Fig. 2).

Tras la realización de la exploración con el fMRI, una vez más les fueron presentados a los participantes todos los estímulos que habían visto en el escáner, y se les pidió que calificaran cada estímulo con relación a: agradabilidad (mediante una escala de cinco puntos, con anclas “muy desagradable” y “muy agradable”) y belleza (mediante una escala de cinco puntos, con anclas “muy feo” y “muy hermoso”). En particular, para los estímulos que se habían presentado en la corrida de juicios de belleza, las calificaciones de agradabilidad (recogidos fuera del escáner) predijeron las calificaciones de belleza (recogidos fuera del escáner),  $\beta = 0.73$ ,  $P < 0.001$  (Fig. 3). Corrimos una regresión logística binaria donde hicimos la regresión de los juicios de belleza que obtuvimos dentro del escáner (i.e., “hermoso” o “no

hermoso”) en las evaluaciones de agradabilidad que recogimos fuera del escáner. Una vez más, la agradabilidad fue un elemento de predicción relevante del juicio de belleza,  $\beta = -1.30, P < 0.001$ . Finalmente, dado que obtuvimos evaluaciones de agradabilidad para todos los estímulos (y no sólo para aquellos que se presentaron en la corrida del juicio de belleza), también corrimos una regresión logística binaria donde hicimos la regresión de las decisiones de acercamiento-rechazo que obtuvimos dentro del escáner (i. e., “entrar” o “abandonar”) en las evaluaciones de agradabilidad recogidas fuera del escáner. La agradabilidad fue un elemento de predicción relevante en las decisiones de acercamiento-rechazo,  $\beta = -1.13, P < 0.001$ .

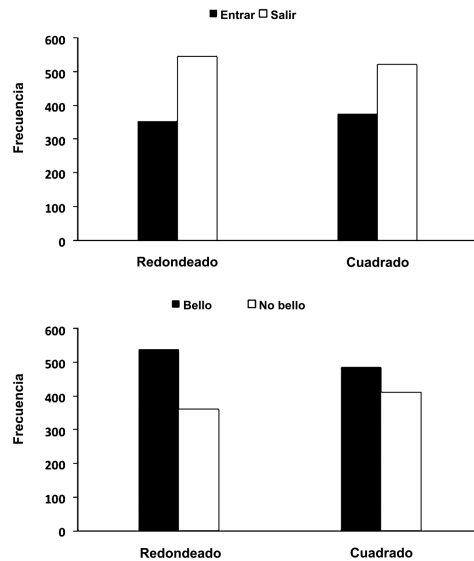


FIGURA 2. Efecto de los espacios curvilíneos y rectilíneos en los juicios de belleza y en las decisiones de acercamiento-rechazo. El eje 'y' representa la suma de respuestas.

Aunque no teníamos ninguna predicción *a priori* sobre la latencia de la respuesta, exploramos el efecto del contorno en el tiempo de reacción implicado en los juicios de belleza y en las decisiones de acercamiento-rechazo. Dirigimos este análisis porque cuando lo que se evalúa es el atractivo facial, las personas tienden a mirar por más tiempo los rostros más atractivos (Quinsey, et al 1996, Shimojo, et al 2003). Nuestros resultados demostraron que los participantes observaron por más tiempo los espacios en los que eligieron “entrar”, en comparación con los espacios en que eligieron la opción “abandonar”,  $t(17) = 2.60, P < 0.05$  (Fig. 4). En contraste,



no hubo diferencia en el tiempo de respuesta de la reacción relacionada con el juicio de espacios como “bellos” o “no bellos”,  $[t(17)=-0.84, P=0.41]$ . Por otra parte, el contorno no tuvo efecto en el tiempo de reacción en el contexto de los juicios de belleza  $[t(17)=-0.72, P=0.48]$  o en las decisiones de acercamiento-rechazo  $[t(17)=1.29, P=0.21]$ .

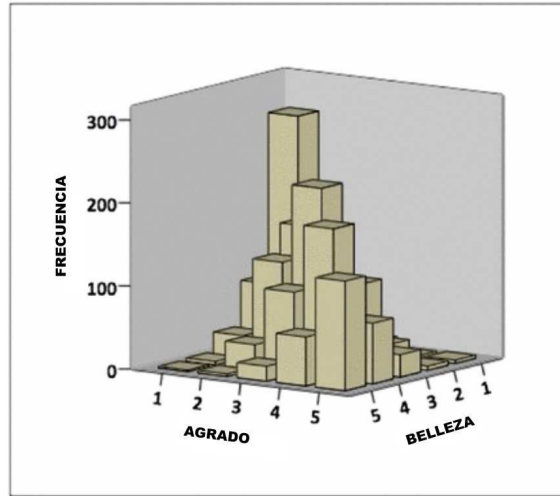


FIGURA 3. Evaluaciones de agradabilidad que predicen las evaluaciones de belleza. El eje 'y' representa la suma de respuestas.

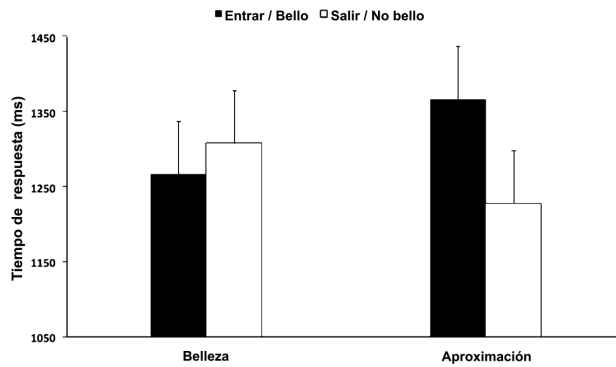


FIGURA 4. Efectos de la elección en la respuesta latente para los juicios de belleza y las decisiones de acercamiento-rechazo.

### Neuronal

Para analizar los datos de la fMRI, contrastamos las condiciones de interés correspondientes a cada nivel de contorno asignando valores de 1 y -1 a los regresores de interés, y de 0 a todos demás regresores (véase *Métodos*). Para la corrida del juicio de belleza, el contraste curvilíneos-rectilíneos de los espacios revelaron una activación significativa en la CCA exclusivamente ( $Z= 3.54$ ,  $x= -6$ ,  $y=42$ ,  $z= -6$ ,  $k= 11$ ) (Fig. 5). El contraste inverso no reveló ninguna área de activación importante. Para explorar un poco más el papel de la recompensa y de la emoción en los juicios de belleza, dirigimos dos grupos de análisis paramétricos para investigar la covariación de las activaciones cerebrales con relación a (i) las evaluaciones de belleza y (ii) las evaluaciones de agradabilidad (ambas recogidas fuera del escáner; véase más arriba). El primer grupo de análisis implicó expansiones polinomiales de primer orden explorando las relaciones lineales. Los resultados demostraron que la activación en una red distribuida, que incluye a la corteza frontopolar, al giro frontal superior, al globo pálido [*globus pallidus*], al precúneo, al parahipocampo y al giro occipital medio, covarió con relación a las evaluaciones de belleza (Tabla 1). Además, la activación en el precúneo, el giro frontal medio y la CCA covarió con relación a las evaluaciones de agradabilidad (Tabla 1). En nuestro segundo grupo de análisis exploramos las expansiones polinomiales de segundo orden pero no logramos encontrar evidencia alguna de las relaciones no lineales entre las activaciones del cerebro y las evaluaciones de belleza o de agradabilidad.

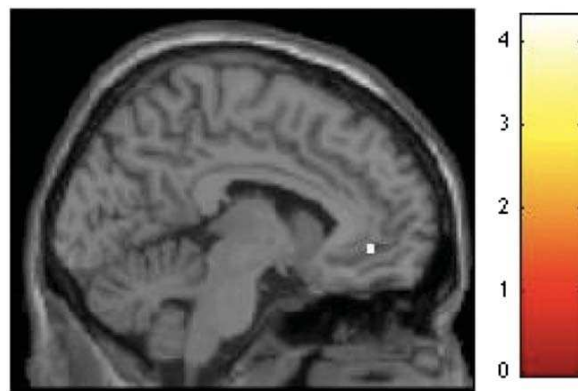


FIGURA 5. Espacios curvilíneos activando la corteza cingulada anterior en los juicios de belleza. El SPM muestra el espacio estereotáctico estándar y superimpuesto a la IRM sagital en el espacio estándar. La barra representa la magnitud de la calificación t.

TABLA 1. Regiones activadas en el análisis paramétrico que implican evaluaciones de belleza y agradabilidad después del escáner recogidas con relación a la corrida de belleza.

Parámetro	Estructura	BA	x	y	z	Evaluación z	k
Belleza	Corteza frontopolar	10	-14	64	-2	3.68	74
	Giro frontal superior	6	-26	22	60	3.68	44
	Globo pálido	-	16	-4	-6	3.66	99
	Precúneo	7	-28	-74	46	3.48	127
	Parahipocampo	27	-26	-32	-2	3.32	35
	Giro occipital medio	19	-42	-78	14	3.31	32
	Giro occipital medio	19	-30	-86	16	3.30	23
Agradabilidad	Precúneo	4	-14	-68	50	3.85	36
	Giro frontal medio	9/46	34	42	10	3.77	32
	Giro frontal medio	9/46	-38	30	14	3.35	71
	Corteza cingulada anterior	32	-18	44	12	3.42	17

BA Área de Brodmann;  $k$ , tamaño del grupo. Las coordenadas están reportadas en el espacio MNI.

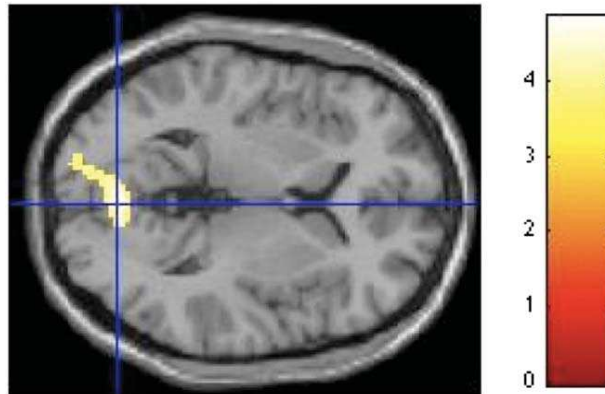


FIGURA 6. Espacios curvilíneos activando el giro lingual y la calcarina en las decisiones de acercamiento-rechazo. El SPM muestra el espacio estereotático y superimpuesto en la IRM transversa en espacio estándar. La barra representa la magnitud de la calificación  $t$ .

Para la corrida de acercamiento-rechazo, el contraste de los contornos curvilíneo-rectilíneo revelaron una activación significativa en un solo grupo ( $k=340$ ) en la corteza visual, que incluyó al giro lingual izquierdo ( $Z=3.83, x=-20, y=-94, z=8$ ) así como a dos regiones dentro de la [corteza] calcarina derecha ( $Z=3.71, x=2, y=-76, z=-4$  and  $Z=3.65, x=10, y=-74, z=-2$ ) (Fig. 6).

Finalmente, para probar la teoría de Appleton, dirigimos un análisis conjunto que implicó el contraste “bello-no bello” y el contraste “entrar-abandonar” (Véase *Métodos*). Dicho de otra manera, evaluamos si juzgar espacios como bellos activaba el mismo sistema neuronal mientras se decidía entrar a un espacio. Este análisis conjunto no reveló alguna área relevante de activación.

#### DISCUSIÓN

Nuestros resultados demostraron que los participantes tendieron a juzgar espacios como bellos más a los curvilíneos que a los rectilíneos (Fig. 2). Además, este efecto parece ser motivado por la agradabilidad, la dimensión de valencia del afecto circunflejo [*the valence dimension of the affect circumplex*] (Russell 2003) (Fig. 4). Estos resultados son consistentes con la evidencia de estudios previos que establecen una preferencia por objetos curvos, que van desde líneas simples a muebles e interiores de autos (Lundholm 1921; Poffenberger y Barrows 1924; Havner 1935; Kast y Child 1968; Leder y Carbon 2005; Bar y Neta 2006; Dazkir y Read 2012; Silvia y Barona 2009; Gordon 1909), y el arraigo de esa preferencia en el afecto (Leder y Carbon 2005; Dazkir y Read 2012) y extendiéndolos al ámbito de la arquitectura. Neuroanatómicamente, nuestros resultados demostraron que los juicios de belleza de los espacios curvilíneos estuvieron asociados exclusivamente con un aumento en la actividad en la CCA, por arriba de los juicios de belleza sobre los espacios rectilíneos (Fig. 5). Como se argumentó antes, la CCA es parte del circuito central del procesamiento estético de Brown y cols. (2011), y su activación aquí es consistente con la riqueza de datos de comportamiento que señalan el involucramiento de la emoción y la recompensa en la preferencia por los objetos curvos. Los estudios de neuroimagen y de lesiones han demostrado la aportación de la CCA en el procesamiento de la recompensa y de la emoción (Kringelbach y Rolls 2004; Liu, et al. 2011), así como estudios recientes de conectividad funcional basados en la parcelación neuroanatómica que confirman su papel en el procesamiento afectivo (Yu, et al. 2011). Junto con sus ricas interconexiones con la COF adyacente (Kringelbach y Rolls 2004), se establece la hipótesis de que la CCA forma una red funcional que subyace la conducta sensorial consumatoria (Van Hoesen, et al. 1993). En combinación, nuestros resultados sugieren que los juicios de belleza para los espacios curvi-

líneos se basa en la emoción y en la recompensa, consistentes con el papel de la emoción que se sabe juega en la experiencia estética (Leder, et al. 2004).

Es interesante que, contrario a nuestra expectativa, no observáramos alguna activación en la amígdala en el contraste inverso (i.e., rectilíneo-curvilíneo). Este hallazgo sugiere que en la arquitectura, el contraste nítido podría no servir como una señal temprana de alerta de potencial peligro como sería en otro lugar, una observación que sería consistente con el papel bien establecido de la amígdala en el condicionamiento del miedo (Phelps 2006; LeDoux 1998). Sin embargo, un examen más detallado del contexto en el que se recogieron los datos y nuestro método analítico podría ofrecer explicaciones adicionales sobre la falta de activación observada en la amígdala. En términos del primero, nuestras experiencias cotidianas nos ofrecen una amplia exposición a espacios rectilíneos. Podría decirse que, a través del condicionamiento, los contornos nítidos han perdido su valor como señales de peligro dentro de los ambientes construidos, por ejemplo, a través de la mera exposición (Marks y Dar 2000). Recientemente, Leder y cols. ofrecieron evidencia para el papel del contexto en la moderación del efecto del contorno en la preferencia (Leder, et al. 2011). En particular, los autores usaron estímulos positivos (p.e., pastel, chocolate) y negativos (p.e., serpientes, bombas) para evaluar si la valencia emocional modula las preferencias por objetos curvos. Los autores encontraron una preferencia por objetos curvos si el contexto era positivo, pero no si era negativo. Un enfoque intercultural podría ser una vía con la que se podría investigar el papel de las experiencias pasadas como moderadoras de la activación de la amígdala en respuesta al estímulo arquitectónico.

Desde la perspectiva metodológica, se ha observado la activación de la amígdala en respuesta al estímulo rectilíneo (Bar y Neta 2007) por presentaciones breves de tiempo (85 ms). En contraste, nuestros participantes observaron cada estímulo por 3,000 ms. Es probable que una exposición mayor desencadenara un procesamiento cognitivo adicional que sirviera para deprimir la rápida respuesta inicial de la amígdala con frecuencia observada con relación al estímulo del miedo (LeDoux 1998). Por otro lado, también hay evidencia que sugiere que la amígdala muestra un perfil de respuesta no lineal con relación a la belleza facial respondiendo de manera máxima a rostros extremadamente atractivos y no atractivos, y relativamente menor a rostros atractivos promedio (Winston 2007). En la medida en que los juicios de belleza trazan variaciones en el contorno, estos hallazgos podrían sugerir que la activación de la amígdala podría ser máxima con relación a los espacios curvilíneos y rectilíneos máximos, aunque nuestros datos no nos permiten evaluar la activación de la amígdala en respuesta a la gradación del contorno. Estudios futuros en los que

se manipule sistemáticamente el grado de curvatura podría abordar sin duda esta posibilidad.

Además de los contrastes categoriales anteriores, que involucran juicios de belleza, también dirigimos dos análisis paramétricos que implicaron la evaluación de belleza y agradabilidad recogidos sin escáner. Los resultados demostraron que en la corrida de belleza, la activación del cerebro dentro de dos redes distribuidas covarió linealmente con las calificaciones de belleza y agradabilidad (Tabla 1). Es importante destacar que, el patrón de activación con relación a las evaluaciones de belleza consistió en la activación de estructuras que se sabe contribuyen en la evaluación estética de objetos visuales. Por ejemplo, se ha mostrado que la región frontopolar (BA 10) se activa cuando a los sujetos se les indica que juzguen la belleza de patrones geométricos (Jacobsen, et al. 2006), consistentes con su papel más general en los juicios de evaluación que implica pensamientos y sentimientos propios (Christoff, et al. 2003; Zysset, et al. 2002). Además, en estudios previos se han observado activaciones en el parahipocampo, el giro occipital medio, el precúneo y el giro frontal superior que involucran las evaluaciones estéticas de pinturas, esculturas y escenas (Vartanian y Goel 2004; Fairhall e Ishai 2008; Di Dio et al. 2007; Yue, et al. 2007; Vessel, et al. 2012). Es interesante señalar que también se ha demostrado que las estructuras activadas con relación a la agradabilidad, incluyendo el giro frontal medio, el precúneo y la CCA, se activan en las evaluaciones estéticas de las pinturas (Vartanian y Goel 2004; Vessel, et al. 2012). Los resultados de los análisis paramétricos de las evaluaciones de agradabilidad sugieren que en el contexto de los juicios de belleza en la arquitectura estas dos variables activan en gran medida aspectos disociables de la misma red común que subyace la evaluación estética del estímulo visual

En contraste con este efecto sobre los juicios de belleza, el contorno no tuvo efecto alguno en las decisiones de acercamiento-rechazo (Fig. 2). Podría haber muchas razones de este resultado. Primero, el riesgo asociado con juzgar espacios como bellos es menor que el riesgo asociado con las decisiones de entrar a ese espacio, aun hipotético. Entonces, es posible que el cálculo que subyace en las decisiones de acercamiento y rechazo se pondere de manera distinta en función de este riesgo hipotético que los juicios de belleza. Consistente con esta interpretación, mientras una decisión de entrar a un espacio se asoció con una respuesta latente significativamente mayor que una decisión de abandonar un espacio, no hubo diferencia en el tiempo de reacción en función de la respuesta en la condición del juicio de belleza (Fig. 4).

Segundo, también es posible que nuestro diseño careciera del grado de fidelidad necesario para estimular las decisiones de acercamiento-rechazo que determinara elecciones de comportamiento en situaciones o escenarios de la vida real. Siendo así, la tarea no hubiera comprometido total-

mente a quien tomaba decisiones, lo que resultaría en efecto nulo para el contorno. Metodológicamente optamos por usar un formato de respuesta binaria para ambos, para los juicios de belleza y para las decisiones de acercamiento-rechazo, y así comparar entre las dos corridas posibles. En consecuencia, nuestro diseño no podía incorporar tareas que, usadas aisladamente, aparecieran más válidas ecológicamente para investigar el comportamiento de acercamiento-rechazo, tal como la tarea de navegación visual.

Por último, la disociación de conducta observada entre los juicios de belleza y las decisiones de acercamiento-rechazo podría también reflejar una diferencia entre el impacto del contorno en "el me gusta" *versus* "lo quiero" bien establecido en la neurociencia de la recompensa (Berridge 1995). En otras palabras, el contorno podría tener un efecto genuinamente más fuerte en el gusto o disgusto de los espacios curvilíneos que el que tiene en el deseo de entrar o salir de esos espacios. Sin embargo, esta disociación observada debe interpretarse con cuidado a la luz de evidencias previas que sugieren que en el contexto de la arquitectura existe una correlación más cercana entre los juicios de belleza y las decisiones de acercamiento. En particular, Ritterfeld y Cupchik pidieron a sus participantes que evaluaran fotografías de espacios interiores en dimensiones semánticas, estructurales y connotativas. Sus resultados demostraron que el deseo de vivir en un espacio se determinó de manera fuerte, según la evaluación de belleza asignada al espacio (Ritterfeld y Cupchik 1996). Nótese también que en este estudio, las evaluaciones de agradabilidad pudieron predecir no sólo los juicios de belleza sino también las decisiones de acercamiento. En conjunto, nuestros resultados sugieren que aun cuando el contorno afectó los juicios estéticos y las decisiones de acercamiento-rechazo de manera distinta, las dos medidas resultantes pudieron haber sido influenciadas, no obstante, por los mismos mecanismos subyacentes.

Cuando los participantes tomaron las decisiones de acercamiento-rechazo, el contraste curvilíneo-rectilíneo activó la corteza visual (Fig. 6). No observamos las activaciones que se predijeron en las áreas que se sabe están implicadas en el movimiento motor voluntario. También es de notar la activación bilateral que se observó en la corteza visual. De hecho, 59 por ciento de todas las decisiones tomadas en la corrida del acercamiento implicaron decisiones de "salir" de espacios ( $P < 0.001$ , prueba binomial) (Fig. 2), basado en lo que se podría predecir un involucramiento mayor del hemisferio derecho como reflejo de la motivación de rechazo (Rutherford y Lindell 2011; Murphy et al. 2003). Como se aludió más arriba, el patrón observado podría atribuirse a la tarea específica que se usó en el presente estudio, dado que éste pudo haber no tenido procesos comprometidos que motivaran suficientemente el acercamiento-rechazo.

En el libro ahora clásico *The Experience of Landscape* (1975/1996), el geólogo Jay Appleton definió el problema con la pregunta “¿qué es lo que nos gusta del paisaje y por qué nos gusta?”. En el libro, Appleton intenta restablecer lo que él percibió que es el eslabón perdido en la sociedad moderna entre las preferencias a ciertos paisajes y la habilidad primaria para satisfacer las necesidades biológicas y de supervivencia humanas. Al extender la teoría del hábitat para construir entornos y al centrar el foco en el contorno, nos preguntamos si los espacios curvilíneos podrían afectar los juicios de belleza y las decisiones de acercamiento de la misma manera, y si los sistemas neuronales que subyacen los juicios de “belleza” y las decisiones de “acercamiento” a los espacios se podrían traslapar. Aun cuando la evidencia aquí presentada sugiere que éstas no se traslapan, hemos observado también limitaciones en nuestro diseño que sugieren que se necesita más experimentación para determinar en definitiva el grado de traslape entre sus bases neuronales. Claro que nuestra observación puede ser simplemente una función del contexto. En particular, los ambientes contruidos y los paisajes no son comparables, en la medida en que promueven una evaluación de elementos para la supervivencia biológica. Con base en este argumento, manipular el contorno en el contexto de un paisaje podría impactar las decisiones de acercamiento y sus correlatos neuronales de manera distinta de lo que se observó para los entornos contruidos aquí.

Para entender el papel del contexto en el análisis perceptual de escenas visuales de interiores son críticos los estudios de cómo el reclutamiento de estructuras específicas difieren entre los expertos en arquitectura y los no expertos en este proceso. Ha comenzado ya un número de estudios que atienden este tema. Por ejemplo, se ha demostrado que entre arquitectos, la activación neuronal en la COF y en el giro cingulado subcaloso fue mayor cuando se evaluó el valor estético de los edificios, en comparación con los no arquitectos (Kirk, et al. 2009) esto sugiere que la experiencia modula la representación neuronal del valor en la red de recompensa. Es más, en comparación con los estudiantes no arquitectos, los estudiantes de arquitectura reclutan menos estructuras cerebrales para codificar y detectar edificios como estímulos (Wiesmann e Ishai 2011), esto sugiere que su experiencia podría conferir una ventaja en términos de eficiencia neuronal en el procesamiento de contenido de dominio específico. Estos estudios sirven para conectar estudios de experiencia en arquitectura a una literatura más amplia de experiencia en estética empírica (Hekkert y van Wieringen 1996; Müller, et al. 2009; Vartanian y Kaufman 2013). Esta área aparece como un campo fértil para investigaciones futuras.



## CONCLUSIÓN

Hace mucho tiempo, Le Corbusier opinó que “el asunto de la arquitectura es establecer relaciones emocionales por medio de materias primas” (Le Corbusier 1948). Le Corbusier estaba muy al tanto sobre el conocimiento que la arquitectura reclutaba desde la ciencia y la ingeniería para lograr ese propósito, mediada por las formas arquitectónicas, que “trabajan psicológicamente sobre nuestros sentidos”. Esta opinión sugiere que la neuroestética se establece muy cerca del núcleo [*kernel*] de la arquitectura moderna. Dada nuestra propensión (en aumento) a pasar el tiempo en interiores (Klepeis, et al. 2001), nuestros resultados sugieren que una evaluación sistemática de cómo las características físicas de los espacios construidos afectan la conducta y la emoción humana, así como la función cerebral está al alcance y es vigente. No solamente está ahí el prospecto de que esta empresa interdisciplinaria pudiera llevarnos a diseñar espacios de trabajo y de vida más placenteros (Sternberg y Wilson 2006; Goldstein 2006), sino que estos datos podrían arrojar luz a una cuestión tal vez más fundamental: ¿cómo es que llegamos a preferir los lugares que nos gustan?

## MÉTODOS

*Participantes.* Los participantes dieron su consentimiento por escrito bajo la guía de la Universidad de la Laguna REB Board; El Comité de Ética de la Investigación de Bienestar Animal (CEIBA). Reclutamos 18 participantes (12 mujeres, 6 hombres) neuronalmente sanos ( $M = 23.39$  y,  $SD = 4.49$ ) con visión normal o con visión corregida a normal. Todos los participantes eran diestros, como lo determina un cuestionario estándar ( $M = 74.72$ ,  $SD = 19.29$ ) (Oldfield 1971).

*Materiales.* El estímulo para este estudio se formó de 200 fotografías de espacios arquitectónicos (Fig. 1). La mitad de las fotografías se usó en la corrida de los juicios de belleza y la otra mitad para la corrida de acercamiento-rechazo. El estímulo se obtuvo de una base de datos de imágenes arquitectónicas grade y disponible para la L. B. F. del departamento de arquitectura, diseño y tecnología de medios de la Universidad de Aalborg, Dinamarca y para la N. R. en la Real Academia Danesa de Bellas Artes, Escuelas de Arquitectura, Diseño y Conservación, Escuela de Arquitectura. La mitad de los espacios se designaron rectilíneos y la otra mitad curvilíneos. Dentro de cada nivel de contorno también controlamos la altura del techo y la apertura. En otras palabras, dentro de cada grupo de espacios curvilíneos y rectilíneos incluimos 25 imágenes con techo alto abierto, 25 imágenes con techo alto cerrado, 25 imágenes con techo bajo abierto y 25 imágenes con techo bajo cerrado. La L. B. F. y la N. R. lograron un consenso de fiabilidad para la inclusión de cada imagen en el grupo final. Todas las imágenes se estandarizaron en términos de tamaño y resolución. Se adoptó este procedimiento debido a que no existe una base de datos de

estímulos arquitectónicos disponible que ofreciera 100 imágenes rectilíneas y 100 imágenes curvilíneas, equilibradas para altura de techo y apertura. Para obtener el conjunto de estímulos contacte a O. V.

*Procedimientos.* En el curso de la adquisición de la MRI [Imagen de Resonancia Magnética] estructural, los participantes se familiarizaron con la tarea mediante la exposición a ensayos que implicó juicios de belleza y decisiones de acercamiento-rechazo. Durante el escaneo con la fMRI [Imagen de Resonancia Magnética funcional] se administraron de manera alternada las corridas de juicios de belleza y de acercamiento-rechazo entre los participantes. La tarea se presentó con el uso de E-Prime. Cada ensayo dentro de las corridas tuvo una estructura idéntica: empezó con un punto fijo "X", presentado por 1,000 ms, seguido por un estímulo que se presentó por 3,000 ms (durante el cual se recogió la respuesta), seguido por la variable de intervalo interensayos (IIT). La duración promedio del IIT entre todos los ensayos fue de 4,000 ms (elegidos aleatoriamente sin remplazo de contenedor finito con variación entre 3,000, 4,000, 6,000 y 7,000 ms). Inmediatamente después de salir del escáner, los participantes calificaron todos los estímulos en cuanto a agradabilidad (usando una escala de cinco puntos con anclas "muy desagradable" y "muy agradable"), y en cuanto a belleza (usando una escala de cinco puntos con anclas de "muy feo" y "muy hermoso").

*Adquisición de fMRI.* Se utilizó un escáner 3-Tesla MR con una bobina de ocho canales (Signa Excite HD, 16.0 software; General Electric) para obtener imágenes de volumen anatómico T1 (1.0x1.0x0.0-mm vóxeles). Para obtener imágenes funcionales, T2\*-adquisiciones de peso ponderados de gradiente spiral-in/out eco se utilizaron para producir 35 cortes axiales contiguos de 4 mm de espesor [tiempo de repetición (TR)=2,000 ms; tiempo de eco (TE)=21.4 ms; ángulo girado (FA [Flip Angle])=90°; campo de visión (FOV)=260 mm; 64 x 64 matriz; dimensiones voxel=4x4x4.0 mm], colocado para cubrir la totalidad del cerebro. Los primeros 10 volúmenes se descartaron para lograr en T1 los efectos de equilibrio. El número de volúmenes adquiridos fue de 430 (+10 pruebas).

*Análisis fMRI.* Se analizaron los datos con el uso del Mapeo Paramétrico Estadístico (SPM8 Statistical Parametric Mapping). El movimiento de la cabeza fue menor a 2 mm en todos los casos. Implementamos una temporización de cortes para corregir las diferencias temporales entre los cortes dentro del mismo volumen, usando el primer corte dentro de cada volumen como el corte de referencia. Todos los volúmenes funcionales se realinearon espacialmente al primer volumen de la primera corrida. Una imagen promedio creada a partir de los volúmenes realineados se normalizó espacialmente según la planilla de imagen cerebral eco plana del el Instituto Neurológico de Montreal [Montreal Neurological Institute (MNI) echo planar imaging brain template] con el uso de funciones base no lineales. Se aplicó la transformación espacial derivada a los volúmenes T2\* realineados, y espacialmente suavizados con un kernel Gaussian isotrópico de 8mm de ancho completo a mitad máxima. Las series de tiempo a través de cada voxel se filtraron de paso alto con un punto de corte

de 128s, con el uso de funciones coseno para eliminar los movimientos de secciones específicas de baja frecuencia en señales (BOLD) de sangre de nivel dependiente de oxígeno. Se estimaron efectos de condición en cada voxel, de acuerdo con el modelo lineal general y la comparación de efectos específicos regionalmente con el uso de contrastes lineales. La señal BOLD se modeló como un vagón, convulsionada con una función de respuesta hemodinámica canónica. Cada contraste produjo un mapa paramétrico estadístico formado de voxels donde la estadística  $z$  fue relevante a  $P < 0.001$ . Adoptamos una combinación de nivel de voxel y corrección de tamaño de grupo para el control de falsos positivos. En particular, al usar análisis de efectos aleatorios, reportamos activaciones que sobrevivieron el umbral de intensidad del nivel de voxel del cerebro completo de  $P < 0.001$  y un tamaño de grupo mínimo de 10 voxels, sin corregir para las comparaciones múltiples. Análisis previos han demostrado que esta combinación controla adecuadamente los falsos positivos, tanto para volúmenes en 2D como para volúmenes en 3D (Forman, et al. 1995; Lieberman y Cunningham 2009).

Dirigimos tres grupos de análisis. El primer análisis fue una prueba de nuestra hipótesis central y consistió en comparar las pruebas curvilíneas con las rectilíneas, de manera aislada, para las corridas de los juicios de belleza y los de acercamiento-rechazo. El segundo análisis se dirigió a probar la teoría de Appleton, que se basó en análisis conjunto que implicó el contraste bello-no bello y el contraste entrar-abandonar. Para asegurar que (i) ambos análisis se corrieran basados en el mismo diseño matriz, y (ii) incluidas nuestras variables de control de manera explícita, dentro de cada corrida creamos 16 regresores correspondientes a un cruce de cuatro variables: contorno (rectilíneo, curvilíneo) – altura de techo (alto, bajo) – apertura (abierto, cerrado) – respuesta (entrada/abandono o bello/no bello). Nuestros segundos análisis se realizaron asignando pesos de “1” o “-1” a los regresores relevantes. Aunque incorporados en el diseño, la respuesta motora y la ITE se modelaron fuera de los análisis, asignándoles peso nulo a sus regresores respectivos. Nuestros terceros análisis, fueron paramétricos e implicaron expansiones polinomiales de primer orden explorando relaciones lineales así como expansiones polinomiales de segundo orden explorando relaciones no lineales con relación a las evaluaciones de belleza y agradabilidad (recogidas fuera del escáner).

Además de los dos análisis centrales antes mencionados, para la belleza —no el contraste de belleza— también usamos un pequeño volumen de corrección en SPM8 para dirigir los análisis de regiones de interés para crear esferas con un radio de 15-mm alrededor de la estimación principal de la probabilidad de activación foco extraída en el meta-análisis de estudios de estética visual (tabla suplementaria 3 en Brown, et al. 2011). Estuvimos interesados en particular en la exploración de activaciones en la ínsula anterior, la amígdala y en estructuras particulares del ganglio basal. Esta exploración de regiones de interés no ofreció áreas adicionales de activación.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo se realizó gracias al apoyo del Ministerio de Ciencia, Beca de innovación TIN2011-28146; 2011 y el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Beca Avanza TSI-020100-2010-346 bajo la dirección de José Luis González-Mora; y apoyado en parte por el Servicio de Resonancia Magnética para Investigaciones Biomédicas de la Universidad de la Laguna. Traducción de Lucía González.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Appleton, J. (1975/1996), *The Experience of Landscape*. JohnWiley and Sons: New York, NY.
- Bar, M. y M. Neta (2006), "Humans prefer curved visual objects", *Psychol Sci* 17(8): 645–648.
- Bar, M. y M. Neta (2007), "Visual elements of subjective preference modulate amygdala activation", *Neuropsychologia* 45(10): 2191–2200.
- Barrett, L. F. y T. Wager (2006), "The structure of emotion: Evidence from the neuroimaging of emotion", *Curr Dir Psychol Sci* 15(2): 79–85.
- Barrett, L. F., B. Mesquita, K. N. Ochsner y J. J. Gross (2007), "The experience of emotion", *Annu Rev Psychol* 58: 373–403.
- Berridge, K. C. (1995), "Food reward: Brain substates of wanting and liking", *Neurosci Biobehav Rev* 20(1): 1–25.
- Berridge, K. C. y M. L. Kringelbach (2008), "Affective neuroscience of pleasure: Reward in humans and animals", *Psychopharmacology* (Berl) 199(3): 457–480.
- Brown, S., X. Gao, L. Tisdelle, S. B. Eickhoff y M. Liotti (2011), "Naturalizing aesthetics: Brain areas for aesthetic appraisal across sensory modalities", *Neuroimage* 58(1): 250–258.
- Crammond, D. J. (1997), "Motor imagery: Never in your wildest dream", *Trends Neurosci* 20(2): 54–57.
- Chatterjee, A. (2011), "Neuroaesthetics: A coming of age story", *J Cogn Neurosci* 23(1): 53–62.
- Chatterjee, A., A. Thomas, S. E. Smith y G. K. Aguirre (2009), "The neural response to facial attractiveness" *Neuropsychology* 23(2): 135–143.
- Christoff, K., J. M. Ream, L. P. Geddes y J. D. Gabrieli (2003), "Evaluating self-generated information: Anterior prefrontal contributions to human cognition", *Behav Neurosci* 117(6): 1161–1168.
- Dazkir, S. S. y M. A. Read (2012), "Furniture forms and their influence on our emotional responses toward interior environments", *Environ Behav* 44(5): 722–734.
- Decety, J. (1996), "The neurophysiological basis of motor imagery", *Behav Brain Res* 77(1–2): 45–52.

- Deiber, M. P. et al. (1998), "Cerebral processes related to visuomotor imagery and generation of simple finger movements studied with positron emission tomography", *Neuroimage* 7(2): 73–85.
- Di Dio, C. y V. Gallese (2009), "Neuroaesthetics: A review", *Curr Opin Neurobiol* 19: 1–6.
- Di Dio, C., E. Macaluso y G. Rizzolatti (2007), "The golden beauty: Brain response to classical and renaissance sculptures", *PLoS ONE* 2(11): e1201.
- Fairhall, S. L. y A. Ishai (2008), "Neural correlates of object indeterminacy in art compositions", *Conscious Cogn* 17(3): 923–932.
- Forman, S. D. et al. (1995), "Improved assessment of significant activation in functional magnetic resonance imaging (fMRI): Use of a cluster-size threshold", *Magn Reson Med* 33(5): 636–647.
- Franz, G., M. von der Heyde y H. H. Bulthoff (2005), "An empirical approach to the experience of architectural space in virtual reality—Exploring relations between features and affective appraisals of rectangular indoor spaces", *Autom Construct* 14(2): 165–172.
- Goldstein, R. N. (2006), "Architectural design and the collaborative research environment", *Cell* 127(2): 243–246.
- Gordon, K. (1909), *Esthetics*. Henry Holt: New York.
- Grush, R. (2004), "The emulation theory of representation: Motor control, imagery, and perception", *Behav Brain Sci* 27(3): 377–396, discusión 396–442.
- Hanakawa, T., M. A. Dimyan y M. Hallett (2008), "Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: A time-course study with functional MRI", *Cereb Cortex* 18(12): 2775–2788.
- Hekkert, P. y P. C. W. van Wieringen (1996), "The impact of level of expertise on the evaluation of original and altered versions of post-impressionistic paintings", *Acta Psychol (Amst)* 94(2): 117–131.
- Hevner, K. (1935), "Experimental studies of the affective value of colors and lines", *J Appl Psychol* 19(4): 385–398.
- Hildebrand, G. (1999), *Origins of Architectural Pleasure*. University of California Press: Berkeley, C. A.
- Ishai, A. (2007), "Sex, beauty and the orbitofrontal cortex", *Int J Psychophysiol* 63(2): 181–185.
- Ishizu, T. y S. Zeki (2011), "Toward a brain-based theory of beauty", *PLoS ONE* 6(7): e21852.
- Jacobsen, T., R. I. Schubotz, L. Höfel y D. Y. Cramon (2006), "Brain correlates of aesthetic judgment of beauty", *Neuroimage* 29(1): 276–285.
- Jones, P. B. y E. Canniffe (2007), *Modern Architecture Through Case Studies 1945–1990*. Architectural Press: Oxford.
- Kaplan, S. (1987), "Aesthetics, affect, and cognition", *Environ Behav* 19(1): 3–32.
- Kaplan, S. (1992), "Environmental preference in a knowledge-seeking, knowledge-using organism", in *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, in Barkow, J. H. L. Cosmides & J. Tooby (eds.). Oxford University Press: New York, pp. 581–598.
- Kastl, A. J. e I. L. Child (1968), "Emotional meaning of four typographical variables", *J Appl Psychol* 52(6): 440–446.
- Kawabata, H. y S. Zeki (2004), "Neural correlates of beauty", *J Neurophysiol* 91(4): 1699–1705.
- Kellert, S. R. y E. O. Wilson (1993), *The Biophilia Hypothesis*. Island Press: Washington, D. C.

- Kirk, U., M. Skov, M. S. Christensen y N. Nygaard (2009), "Brain correlates of aesthetic expertise: A parametric fMRI study", *Brain Cogn* 69(2): 306–315.
- Klepeis, N. E. et al. (2001), "The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants", *J Expo Anal Environ Epidemiol* 11(3): 231–252.
- Knutson, B. y S. M. Greer (2008), "Anticipatory affect: Neural correlates and consequences for choice", *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 363(1511): 3771–3786.
- Kringelbach, M. L. (2005), "The human orbitofrontal cortex: Linking reward to hedonic experience", *Nat Rev Neurosci* 6(9): 691–702.
- Kringelbach, M. L. y E. T. Rolls (2004), "The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: Evidence from neuroimaging and neuropsychology", *Prog Neurobiol* 72(5): 341–372.
- Le Corbusier (1948), *Towards a New Architecture*. Architectural Press: London, U. K.
- Leder, H. y C. Carbon (2005), "Dimensions in appreciation of car interior design", *Appl Cogn Psychol* 19(5): 603–618.
- Leder, H., B. Belke, A. Oeberst y D. Augustin (2004), "A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments", *Br J Psychol* 95(Pt 4): 489–508.
- Leder, H., P. P. L. Tinio y M. Bar (2011), "Emotional valence modulates the preference for curved objects", *Perception* 40(6): 649–655.
- LeDoux, J. (1998), *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. Touchstone: New York, N. Y.
- Lieberman, M. D. y W. A. Cunningham (2009), "Type I and type II error concerns in fMRI research: Re-balancing the scale", *Soc Cogn Affect Neurosci* 4(4): 423–428.
- Lindal, P. J. y T. Hartig (2013), "Architectural variation, building height, and the restorative quality of urban residential streetscapes", *J Environ Psychol* 33(1): 26–36.
- Liu, X., J. Hairston, M. Schrier y J. Fan (2011), "Common and distinct networks underlying reward valence and processing stages: A meta-analysis of functional neuroimaging studies", *Neurosci Biobehav Rev* 35(5): 1219–1236.
- Lundholm, H. (1921), "The affective tone of lines: Experimental researches", *Psychol Rev* 28(1): 43–60.
- Marks, I. y R. Dar (2000), "Fear reduction by psychotherapies. Recent findings, future directions". *Br J Psychiatry* 176: 507–511.
- Meyers-Levy, J. y R. Zhu (2007), "The influence of ceiling height: The effect of priming on the type of processing that people use", *J Consum Res* 34(2): 174–186.
- Muller, M., L. Höfel, E. Brattico y T. Jacobsen (2010), "Aesthetic judgments of music in experts and laypersons—An ERP study", *Int J Psychophysiol* 76(1): 40–51.
- Murphy, F. C., I. Nimmo-Smith y A. D. Lawrence (2003), "Functional neuroanatomy of emotions: A meta-analysis", *Cogn Affect Behav Neurosci* 3(3): 207–233.
- Nadal, M., E. Munar, M. A. Capó, J. Rosselló y C. J. Cela-Conde (2008), "Towards a framework for the study of the neural correlates of aesthetic preference", *Spat Vis* 21(3–5): 379–396.
- Nasar, J. L. (1988), *Environmental Aesthetics: Theory, Research, and Applications*, Cambridge University Press: Cambridge.
- Oldfield, R. C. (1971), "The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory", *Neuropsychologia* 9(1): 97–113.

- Olds, M. E. y J. L. Fobes (1981), "The central basis of motivation: Intracranial self-stimulation studies", *Annu Rev Psychol* 32: 523–574.
- Ott, W. R. (1989), *Human activity patterns: A review of the literature for estimating time spent indoors, outdoors, and in transit. Proceedings of the Research Planning Conference on Human Activity Patterns, EPA National Exposure Research Laboratory*. EPA/600/4-89/004: Las Vegas, NV.
- Panksepp, J. (1998), *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*. Oxford University Press: New York, N. Y.
- Phelps, E. A. (2006), "Emotion and cognition: Insights from studies of the human amygdala", *Annu Rev Psychol* 57: 27–53.
- Poffenberger, A. T. y B. E. Barrows (1924), "The feeling value of lines", *J Appl Psychol* 8(2): 187–205.
- Quinsey, V. L., M. Ketssetz, C. Earls y A. Karamanoukian (1996), "Viewing time as a measure of sexual interest", *Ethol Sociobiol* 17(5): 341–354.
- Ritterfeld, U. y G. C. Cupchik (1996), "Perceptions of interiors of spaces", *J Environ Psychol* 16(4): 349–360.
- Russell, J. A. (2003), "Core affect and the psychological construction of emotion", *Psychol Rev* 110(1): 145–172.
- Rutherford, H. J. V. y A. K. Lindell (2011), "Thriving and surviving: Approach and avoidance motivation and lateralization", *Emotion Review* 3(3): 333–343.
- Sagan, C. y A. Druyan (1992), *Shadows of Forgotten Ancestors*. Ballantine: New York.
- Shimojo, S., C. Simion, E. Shimojo y C. Scheier (2003), "Gaze bias both reflects and influences preference", *Nat Neurosci* 6(12): 1317–1322.
- Shizgal, P. (1997), "Neural basis of utility estimation", *Curr Opin Neurobiol* 7(2): 198–208.
- Silvia, P. J. y C. M. Barona (2009), "Do people prefer curved objects? Angularity, expertise, and aesthetic preference", *Empir Stud Arts* 27(1): 25–42.
- Skov, M. y O. Vartanian (2009), *Neuroaesthetics*. Baywood: Amityville, N. Y.
- Stamps, A. E. (1999), "Physical determinants of preferences for residential façades", *Environ Behav* 31(6): 723–751.
- Sternberg, E. M. y M. A. Wilson (2006), "Neuroscience and architecture: Seeking common ground", *Cell* 127(2): 239–242.
- Taylor, K. S., D. A. Seminowicz y K. D. Davis (2009), "Two systems of resting state connectivity between the insula and cingulate cortex", *Hum Brain Mapp* 30(9): 2731–2745.
- Van Hoesen, G. W., R. J. Morecraft y B. A. Vogt (1993), "Connections of the monkey cingulate cortex", in B. A. Vogt y M. Gabriel *The Neurobiology of the Cingulate Cortex and Limbic Thalamus: A Comprehensive Handbook*. Birkhäuser: Boston, M. A., pp. 249–284.
- Vartanian, O. y J. C. Kaufman (2013), "Psychological and neural responses to art embody viewer and artwork histories", *Behav Brain Sci* 36(2): 161–162.
- Vartanian, O. y V. Goel (2004), "Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings", *Neuroreport* 15(5): 893–897.
- Vessel, E. A., G. G. Starr y N. Rubin (2012), "The brain on art: Intense aesthetic experience activates the default mode network", *Front Hum Neurosci* 6: 66.
- Weber, R. (2012), "Introduction to the special issue: Aesthetics and design", *Empir Stud Arts* 30(1): 3–6.
- Wiesmann, M. y A. Ishai (2011), "Expertise reduces neural cost but does not modulate repetition suppression", *Cogn Neurosci* 2(1): 57–65.

- Winston, J. S., J. O'Doherty, J. M. Kilner, D. I. Perrett y R. J. Dolan (2007), "Brain systems for assessing facial attractiveness", *Neuropsychologia* 45(1): 195–206.
- Yu, C. et al. (2011), "Functional segregation of the human cingulate cortex is confirmed by functional connectivity based neuroanatomical parcellation", *Neuroimage* 54(4): 2571–2581.
- Yue, X., Vessel, E. A. e I. Biederman (2007), "The neural basis of scene preferences", *Neuroreport* 18(6): 525–529.
- Zysset, S., O. Huber, E. Ferstl y D. Y. von Cramon (2002), "The anterior fronto-median cortex and evaluative judgment: An fMRI study", *Neuroimage* 15(4): 983–991.