

Cambio y variabilidad climática

Respuestas interdisciplinarias

Valentín Picasso
Gabriela Cruz
Laura Astigarraga
Rafael Terra
Coordinadores



Espacio Interdisciplinario
Universidad de la República
Uruguay

Interdisciplinarias
2012

Cambio y variabilidad climática

Respuestas interdisciplinarias

Valentín Picasso
Gabriela Cruz
Laura Astigarraga
Rafael Terra
(coordinadores)



Espacio Interdisciplinario
Universidad de la República
Uruguay

Interdisciplinarias
2012



Espacio Interdisciplinario
Universidad de la República
Uruguay

José Enrique Rodó 1843
11200 Montevideo Uruguay
www.ei.udelar.edu.uy
ei@ei.udelar.edu.uy

Integraron el Comité de Referato para la edición 2012:
Enrique Lessa, Claudio Martínez, María Inés Moraes, José Quijano, Isabel Sans y Judith Sutz

Colección Interdisciplinarias 2012.

Cita recomendada: Picasso, V.; Cruz, G.; Astigarraga, L. y Terra, R. (2013) Cambio y variabilidad climática: respuestas interdisciplinarias. Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República, Montevideo. 132 pp.

Primera edición, setiembre 2013, 500 ejemplares
ISSN 2301-0835
ISBN del volumen

Impreso y Encuadernado en
Mastergraf S.R.L.
Gral. Pagola 1823 - CP 11800 - Tel.: 2203 4760*
Montevideo - Uruguay
E-mail: mastergraf@mastergraf.com.uy

Depósito Legal XXX.XXX - Comisión del Papel
Edición Amparada al Decreto 218/96

Distribución general: Espacio Interdisciplinario, Unidad de Comunicación de la Universidad de la República, Fondo de Cultura Universitaria.

Las opiniones vertidas corren por cuenta de los autores.
La Colección Interdisciplinarias se rige por la ordenanza de los Derechos de Propiedad Intelectual de la Universidad de la República.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las personas e instituciones que han apoyado desinteresadamente a este Centro Interdisciplinario, ya sea en presentaciones realizadas y participación en talleres organizados por el Centro, así como en convocar nuestra participación en varias instancias cuyo eje temático fue el cambio climático. Con la certeza de estar omitiendo involuntariamente algunos nombres, queremos explicitar nuestro agradecimiento a: Walter Beathgen (IRI), nuestro referente permanente en el tema y en esta construcción institucional; a colegas y amigos de la Facultad de la Agronomía (Fernando García Préchac, Mario Caffera, Carolina Munka, Beatriz Bellenda, Mercedes Rivas, Oswaldo Ernst, Pedro Arbeletche, Jorge Bossi, Pilar Irisarri, Amabelia del Pino, Daniella Bresciano, Juan P. Chiara, Ariel Castro, Guillermo Siri, Marta Chiappe, Milka Ferrer) y de otras Facultades de la UDELAR: Alejandro Brazeiro, Mario Bidegain y Madeleine Renom (Ciencias), Javier Taks (Humanidades y Ciencias de la Educación), Mariana Gómez (Medicina), Diego Piñeiro (Ciencias Sociales), Daniel Conde (Centro MCI), Nestor Mazzeo (SARAS); a colegas de instituciones amigas: INIA (Agustín Giménez, Guadalupe Tiscornia y Adrián Cal), SNRCC (Ignacio Lorenzo), Instituto Plan Agropecuario (Hermes Morales y Danilo Bartaburu), FUCREA (Ignacio Buffa, Diego Sotelo, Mario Fossati, Gustavo Américo), MGAP (Mariana Hill, Walter Oyhantcabal, María Methol), FAO (Antonio Morales y Vicente Plata), PNUD, MVOTMA, MIEM, Intendencias de Montevideo y San José, DNM, MSP, MIEM. También queremos agradecer a colegas del exterior que nos han apoyado durante estos años: Tim Ingold (U. Aberdeen), Renzo Taddei (U. Río de Janeiro), Holger Meinke (U. Wageningen), Friedhelm Taube (U. Kiel), Stewart Ledgard (Ag Research, NZ), Miguel Carriquiry, Cornelia y Jan Flora (Iowa State U.), Ermias Kebreab (UC Davis), CNRS (Francia), Holm Tiessen y Marcela Ohira (IAI). Finalmente, también a quienes han facilitado nuestro trabajo diariamente en el Espacio

Interdisciplinario, la Comisión Coordinadora, Unidad Académica, Lidia Silva y el excelente equipo de funcionarios.

Agradecemos especialmente el trabajo de edición realizado por la Lic. (MSC) Carolina Toranza.

Índice

Prólogo	13
Parte 1	
Una apuesta colectiva	15
Capítulo 1	
Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática	17
Laura Astigarraga, Gabriela Cruz, Valentín Picasso, Rafael Terra, Marcel Achkar, Gonzalo Becoña, Laura Caorsi, Inés Gazzano, Mauricio Ceroni, María Fernanda de Torres, Mercedes Fourment, Martín García, Alberto Gómez, Pablo Modernel, Carolina Toranza	
Bibliografía	21
Capítulo 2	
Desafíos del cambio y variabilidad climática.....	23
Gabriela Cruz, Rafael Terra, Valentín Picasso, Laura Astigarraga	
2.1. Efecto invernadero, cambio climático e impactos	23
2.2. Mitigación e importancia para Uruguay	25
2.3. Adaptación al cambio climático	27
Bibliografía	29
Parte 2	
Aportes a la adaptación al cambio y variabilidad climática	31

Capítulo 3

Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad: el caso de los anfibios de Uruguay..... 35

Carolina Toranza, Alejandro Brazeiro y Raúl Maneyro

3.1. Introducción general	36
3.1.1. Cambio climático y sus efectos sobre la biodiversidad....	36
3.1.2. Impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad	38
3.2. Estudio de caso	38
3.2.1. Efectos potenciales del cambio climático sobre los anfibios de Uruguay	38
3.2.2. Modelación de las distribuciones y proyección a futuro..	39
3.2.3. Escenarios futuros SRES	41
3.2.4. Cambios proyectados en la riqueza de especies	41
3.2.5. Cambios proyectados en la distribución de las especies .	42
3.3. Conclusiones	46

Bibliografía 47

Capítulo 4

Evaluación de la productividad primaria neta en un contexto de intensificación agraria y cambio ambiental global: aplicación en la cuenca del arroyo Tomás Cuadra (Durazno) 51

Mauricio Ceroni, Marcel Achkar e Ines Gazzano

4.1. Introducción.....	52
4.2. Metodología	55
4.2.1. Área de estudio	55
4.2.2. Productividad primaria neta	57
4.2.3. Procesamiento de las imágenes	58
4.3. Resultados y discusión.....	59
4.4. Reflexiones finales	60

Bibliografía 63

Capítulo 5

Análisis de la variabilidad climática a través de índices bioclimáticos y sus impactos sobre la vid (*Vitis vinifera* L. cv. Tannat)

en el sur de Uruguay 67

Mercedes Fourment, Milka Ferrer y Hervé Quénot

5.1. Introducción.....	68
5.2. Materiales y métodos.....	68
5.2.1. Ubicación del ensayo y material vegetal.....	68
5.2.2. Fenología y respuesta de la planta.....	69
5.2.3. Composición de la baya en cosecha.....	69
5.2.4. Datos climáticos.....	69
5.2.5. Cálculo de los índices bioclimáticos.....	69
5.2.6. Análisis estadísticos.....	70
5.3. Resultados y discusión.....	71
5.3.1. Variabilidad climática. Evolución de los bioíndices.....	71
5.4. Componente planta.....	73
5.5. Conclusiones.....	76

Bibliografía 77

Capítulo 6

Del cielo a la Tierra: percepción ambiental

de la ganadería..... 81

María Fernanda de Torres Álvarez y Diego Piñeiro

6.1. Introducción.....	82
6.2. Método y recorte.....	82
6.3. Primero historizar.....	83
6.4. Paisaje, territorio y atmósfera.....	85
6.5. Atmósfera ganadera.....	88
6.6. La percepción del clima.....	92
6.7. Conclusiones.....	93

Bibliografía 95

Parte 3.

Aportes a la mitigación del cambio y variabilidad climática..... 97

Capítulo 7

Emisiones de GEI en invernada vacuna del Uruguay .. 101

Pablo Modernel, Valentín Picasso y Laura Astigarraga

7.1. Introducción.....	102
7.1.1. Emisiones de GEI en sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay.....	107
7.1.2. Erosión del suelo y el uso de energía fósil en sistemas de invernada vacuna de Uruguay.....	108
7.2. Conclusiones.....	109

Bibliografía 111

Capítulo 8

Análisis de las emisiones de GEI en sistemas criadores del Uruguay 115

Gonzalo Becoña, Laura Astigarraga y Valentín Picasso

8.1. Introducción.....	116
8.2. Materiales y métodos.....	118
8.2.1. Modelo de cálculo	118
8.2.2. Sistemas de producción	122
8.3. Resultados.....	123
8.4. Discusión.....	125
8.5. Conclusiones.....	126

Bibliografía 127

Parte 4.

La construcción institucional e interdisciplinaria 131

Capítulo 9

Proyectos, personas y publicaciones sobre cambio

y variabilidad climática en Uruguay 135

Martín García Cartagena, Carolina Toranza, María Fernanda de Torres Álvarez

9.1. Introducción.....	136
9.2. Metodología	137
9.3. Resultados.....	139
9.3.1. Personas	139
9.3.2. Instituciones	140
9.3.3. Proyectos.....	141
9.3.4. Publicaciones	143
9.4. Conclusiones	143

Bibliografía 145

Capítulo 10

Clima en colectivo. Reflexiones sobre

la interdisciplina 147

María Fernanda de Torres Álvarez

10.1. Marco conceptual	147
10.1.1. El camino recorrido por el CIRCVC	148
10.1.2. Aprendizajes sobre el quehacer interdisciplinario.....	151
10.1.3. Oportunidades de la interdisciplina:	
nuevos proyectos	152
10.2. Dificultades de la interdisciplina	154
10.3. Conclusiones	155

Bibliografía 157

Parte 5.

Síntesis y perspectivas 159

Valentín Picasso, Laura Astigarraga, Gabriela Cruz, Rafael Terra

Glosario de siglas 165

Prólogo

La convocatoria a propuestas de textos para esta colección empieza diciendo: «El Espacio Interdisciplinario (EI) tiene entre sus objetivos estimular encuentros para el abordaje de temas complejos con el aporte de diferentes disciplinas».

Los encuentros que se busca estimular son imprescindibles tanto para hacer avanzar el conocimiento y utilizarlo bien como para contribuir a su democratización; en los tres aspectos, tales encuentros entre disciplinas son cruciales para evitar que la expansión acelerada del conocimiento, rasgo mayor de nuestra época, tenga algunos efectos muy perjudiciales.

La especialización creciente es una consecuencia inevitable de dicha expansión, que se traduce en la multiplicación de disciplinas, muy a menudo necesaria para estudiar en profundidad ciertos fenómenos distintos o ciertos aspectos diferentes de un mismo fenómeno. Sin esa especialización creciente, estructurada en torno a disciplinas sólidamente construidas, se correría el riesgo de enlentecer el avance del conocimiento, de no profundizar en toda la medida de lo posible el estudio y la comprensión de ciertos procesos.

Pero la especialización conlleva el riesgo de la fragmentación del conocimiento, que tiene por lo menos tres consecuencias negativas. Una atañe al conocimiento mismo: parece difícil llegar a conocer realmente algo, por ejemplo, del cambio climático, si no conectamos lo que al respecto nos dicen diferentes disciplinas. Una segunda consecuencia potencialmente negativa se refiere al uso valioso del conocimiento: parece difícil afrontar, por ejemplo, la problemática nutricional e infecciosa de los niños que asisten a las escuelas en barrios carenciados de Montevideo sin conjugar los aportes de variadas especialidades. Una tercera consecuencia que puede tener la fragmentación del conocimiento se relaciona con su democratización; esta

cuestión no siempre recibe atención comparable a las dos anteriores, por lo cual nos detendremos brevemente en ella.

¿Cómo hace un ciudadano «de a pie» para hacerse una idea de lo que conviene a la comunidad en relación a un problema complejo? Los expertos pueden y deben asesorar pero, aunque lo hagan en términos comprensibles para no expertos, sus opiniones se basan en sus especializaciones respectivas, por lo que no necesariamente incluyen un enfoque de conjunto; además, ciertas opiniones de expertos suelen contraponerse a las de otros expertos. En ese contexto, la decisión democrática acerca de problemas complejos se hace muy difícil. La democratización del conocimiento incluye varias facetas; una imprescindible es la de colaborar con la ciudadanía para que pueda hacer un uso informado y autónomo del conocimiento avanzado a la hora de adoptar decisiones sobre asuntos que a todos atañen. Los encuentros y diálogos entre disciplinas pueden contribuir a ello.

La democratización del conocimiento constituye un desafío mayor de nuestra época y una responsabilidad fundamental de una Universidad como la nuestra, que busca conjugar la excelencia académica con el compromiso social. Con la Colección Interdisciplinarias, el Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República procura realizar un nuevo aporte a la democratización del conocimiento. Bienvenido sea.

Rodrigo Arocena

Parte 1. Una apuesta colectiva

Capítulo 1

Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática

Laura Astigarraga, Gabriela Cruz, Valentín Picasso, Rafael Terra, Marcel Achkar, Gonzalo Becoña, Laura Caorsi, Inés Gazzano, Mauricio Ceroni, María Fernanda de Torres, Mercedes Fourment, Martín García, Alberto Gómez, Pablo Modernel, Carolina Toranza¹

La adaptación cultural, tecnológica e institucional requiere enfoques interdisciplinarios que contribuyan a la construcción de sistemas menos vulnerables y más resilientes a los cambios. En un contexto de cambio ambiental global, el cambio y la variabilidad climática (CVC) representan un estrés para la sociedad, por lo cual los sistemas productivos deberían incorporar el riesgo climático en sus procesos de planificación. También es importante integrar la discusión sobre la intensificación agraria, así como elementos críticos de reflexión que permitan la confrontación del actual modelo de desarrollo y promuevan la generación de estrategias de transformación de la realidad hacia otro modelo de gestión del territorio con características de sostenibilidad.

El Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (CIRCVC) tiene dos objetivos fundamentales: 1) aportar fundamentos académicos a la elaboración de una estrategia nacional para responder al CVC en sistemas naturales, sociales y productivos (agropecuario, industrial, energético), y 2) crear conocimiento interdisciplinario pertinente a la problemática del CVC, en base a la articulación e integración de las disciplinas que actualmente están representadas en el Centro y a aquellas que puedan integrarse más adelante.

¹ Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

La Universidad de la República (UDELAR) creó el Espacio Interdisciplinario en el 2008, con el objetivo de fomentar la actividad académica que responda a problemáticas complejas, cuya solución requiere de abordajes que trascienden los campos disciplinarios consolidados en las tradicionales Facultades (Espacio Interdisciplinario, 2008). El CIRCVC nace con investigadores pertenecientes fundamentalmente a la Facultad de Agronomía (Producción Animal, Suelos y Aguas, Agrometeorología, Ecología, Agroecología, Producción Vegetal, Biología Vegetal, Ciencias Sociales) y también de las Facultades de Ciencias, Ingeniería, Medicina y Ciencias Sociales.

Al inicio, se plantearon los siguientes ejes temáticos: ciencia del clima, adaptación de los sistemas de producción, fragilidad y vulnerabilidad territorial, salud y energía. La metodología de trabajo se basó en los primeros dos años en talleres con presentaciones de investigación de los diferentes integrantes y discusión de proyectos interdisciplinarios comunes, así como charlas de investigadores invitados sobre diferentes perspectivas del problema del CVC. A la vez, hemos estado atentos en incluir, dentro del marco de este Centro, instancias relevantes de intercambio y discusión con expertos nacionales y extranjeros.² Estamos colaborando en la elaboración de una agenda de investigación en el tema a nivel del país, trabajando en conjunto con actores públicos involucrados en la temática como el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC); Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP); Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA); Ministerio de Salud Pública (MSP); Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y el Instituto Nacional de Carnes (INAC).

Estos temas son abordados con el enfoque transversal de *gestión de riesgos climáticos* del International Research Institute for Climate and Society (Baethgen, 2010), que se basa en cuatro pilares fundamentales: 1) identificar vulnerabilidades y oportunidades relacionadas con la variabilidad y el cambio climáticos; 2) cuantificar y reducir incertidumbres mejorando el «conocimiento climático» para los tomadores de decisión (estudiar la variabilidad climática y sus causas, cuantificar sus impactos sobre los sistemas, identificar medidas de manejo, monitorear las condiciones ambientales presentes y suministrar información relevante sobre el futuro); 3) identificar intervenciones tecnológicas que reducen la vulnerabilidad a la variabilidad climática; y 4)

2 Taller: Vulnerabilidad climática y ambiental en la región de la Cuenca del Plata: estudio de casos de intensificación agraria utilizando SIG y modelos de cultivos. Organizadores: Instituto Interamericano para la Investigación en Cambio Global (IAI); CIRCVC (UDELAR); Facultad de Agronomía (UDELAR); Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad (IRI). Julio del 2011. III Semana de reflexión sobre cambio y variabilidad climática. Organizadores: Facultad de Agronomía y CIRCVC (UDELAR). Octubre del 2011.

identificar intervenciones de políticas y arreglos institucionales que permitan reducir las vulnerabilidades o transferir riesgos asociados al clima. Esto supone considerar un amplio rango de escalas temporales de variabilidad climática y manejar la totalidad del rango de riesgos climáticos: desde los asociados con años o décadas desfavorables, hasta el riesgo de perder oportunidades en los años o décadas normales y favorables.

Este libro presenta reflexiones que resultan del aprendizaje colectivo y algunos de los trabajos de investigación realizados en los dos primeros años de nuestro camino en la construcción interdisciplinaria. Hemos organizado el libro en cinco secciones que responden a la visión de integración de las problemáticas del cambio y variabilidad climática. En esta primera sección, a este capítulo introductorio sigue un capítulo que plantea las definiciones conceptuales básicas, desde una perspectiva climática: qué es y cuáles son las causas del cambio climático, cuáles son los desafíos a los que debemos adaptarnos y cómo podemos mitigarlo. La siguiente sección presenta cuatro capítulos que se focalizan en la adaptación al cambio climático, desde perspectivas disciplinares ecológicas, agronómicas y sociales. La tercera sección presenta dos capítulos con estudios que aportan elementos para la mitigación del cambio climático, desde perspectivas agronómicas y ambientales. La cuarta sección se focaliza en los desafíos de la construcción institucional e interdisciplinaria a nivel nacional, con dos capítulos que son producto del trabajo interdisciplinario del equipo del Centro. La última sección, a modo de síntesis final, retoma los aportes de los trabajos anteriores y considera perspectivas a futuro. Los capítulos disciplinares representan el logro de finalización exitosa de tesis de maestría o el avance en las mismas de integrantes del Centro, realizadas en las Facultades de Agronomía, Ciencias y Ciencias Sociales de la UDELAR. Esperamos que sirvan para consolidar y articular una comunidad creciente de investigadores y gestores en la temática del cambio climático, contribuyendo a dar respuestas como país a los desafíos que este nos presenta.

Bibliografía

BAETHGEN, W. E. (2010): «Climate Risk Management for Adaptation to Climate Variability and Change», *Crop Science*, 50(2): 70-76.

ESPACIO INTERDISCIPLINARIO (2008): Jornada de presentación y debate del Espacio Interdisciplinario, Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR, p. 43.

Capítulo 2

Desafíos del cambio y variabilidad climática

Gabriela Cruz, Rafael Terra, Valentín Picasso, Laura Astigarraga³

En este capítulo presentamos una breve introducción a la problemática del cambio y la variabilidad climática y los desafíos de adaptación y mitigación que esta plantea para Uruguay.

2.1. Efecto invernadero, cambio climático e impactos

El efecto invernadero es un efecto natural que posibilita la vida en nuestro planeta, de lo contrario estaría sometido a enormes diferencias térmicas entre el día y la noche. La atmósfera de nuestro planeta absorbe parte de la radiación infrarroja de origen terrestre y provoca así el calentamiento radiativo del aire. Solamente algunos gases de la atmósfera son capaces de absorber esta radiación. El principal es el vapor de agua, cuya presencia y concentración es dependiente del funcionamiento del sistema planetario en su conjunto. Del resto de los gases de efecto invernadero (GEI), los más mencionados son el anhídrido carbónico (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). El metano tiene un poder de calentamiento 23 veces mayor al CO_2 para un horizonte de 100 años y el óxido nitroso 300 veces mayor para igual período. Otros gases como el freón (CFC-115) y el hexafluoruro de carbono (C_2F_6), de origen sintético industrial, tienen un poder de calentamiento 6000 veces superior al CO_2 y su tiempo de residencia en la atmósfera se estima en miles de años, además de su efecto sobre el ozono estratosférico. Sobre la concentración de estos gases es que puede incidir la actividad humana.

³ Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

El cambio climático actual está en parte asociado al incremento de las emisiones de GEI, que ha aumentado de manera significativa desde la revolución industrial y ha contribuido al actual calentamiento global. Desde mediados del siglo XIX las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles han crecido exponencialmente, tanto por la combustión de petróleo como de carbón y gas natural. Desde el inicio de la revolución industrial hasta el presente, las emisiones acumuladas de dióxido de carbono resultantes de las actividades humanas —esto es, adicionales a las que ocurrieron por los procesos de la naturaleza— han sido del orden de 400 Gt de carbono (Gt = Giga-toneladas = mil millones de toneladas). Como resultado, la atmósfera contiene hoy 170 Gt más de carbono como dióxido de carbono adicional a los que había hace 200 años. De las emisiones acumuladas de 400 Gt, 270 Gt correspondieron a la quema de combustibles fósiles, mientras que 136 Gt fueron liberados como consecuencia de cambios en el uso de la tierra (por ejemplo, tala de bosques o quema de ecosistemas naturales).

Observaciones directas de cambios recientes a escala regional reportan un aumento de las temperaturas medias del aire, derretimiento de nieve y hielos, aumento del nivel medio del mar. Existe numerosa bibliografía que señala que se está incrementando la temperatura promedio en la Tierra, debido al aumento en la concentración de GEI en la atmósfera, como plantea el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007).

A pesar de la abrumadora cantidad de literatura que se enmarca en el paradigma vigente del cambio climático actual, una revisión bibliográfica profunda muestra también otro tipo de evidencias. Existen reportes científicos que señalan problemas de muestreo, dado que la historia del clima se ha trazado en base a información proveniente de estaciones meteorológicas ubicadas en sitios que han devenido en grandes ciudades. Otros estudios que incluyen información de estaciones meteorológicas muy antiguas (más de 150 años), localizadas en sitios poco perturbados, mostraron que la evolución temporal y espacial de las series de temperatura ofrecían una imagen de tipo aleatorio (Pérez y otros, 2007). Resultados similares se obtuvieron de analizar las series temporales de temperatura del aire en el Atlántico Norte (Pérez y García, 2006). Aun conociendo estos y otros antecedentes, apelamos al principio de precaución por estar «alertados» del riesgo climático y sus posibles consecuencias.

El IPCC, autoridad académico-política en el tema del cambio climático, reporta estimaciones realizadas por modelos que indican, para algunos escenarios de emisiones futuras, que antes de fin de siglo el aumento de temperatura será 2 °C mayor (IPCC, 2007). A pesar de que los escenarios no

tienen una probabilidad asociada, intentan mostrar distintos futuros plausibles. La posibilidad de que ocurra un escenario futuro como el que describe el IPCC es atendible; ese aumento de temperatura tendría un impacto particular ya que podría provocar que los océanos, lugares de captación de CO₂, empiecen a captarlo más lentamente o que se produzcan pérdidas del CO₂ retenido, por lo cual podría generarse una situación de incremento más acelerado de la acumulación de GEI en la atmósfera (retroalimentación positiva), con efectos climáticos impredecibles.

Esto ha llevado a la recomendación de una reducción mundial de las emisiones de GEI per cápita para el 2050 en un 50 % del nivel de 1990, lo que será posible solo si se piensa en un modelo de desarrollo que no esté basado en el uso de combustibles fósiles. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, Río, 1992) propuso reducciones voluntarias, con responsabilidades comunes pero diferenciadas a nivel de países (los países industrializados son los responsables). En 1997, el Protocolo de Kyoto estableció compromisos cuantitativos para los países industrializados («países del Anexo I») para el período 2008-2012. Naciones Unidas está trabajando en las negociaciones internacionales entre países para llegar a acuerdos vinculantes en el área de la reducción de emisiones y lograr una fórmula que permita mejorar los acuerdos logrados en el Protocolo de Kyoto, a partir del 2012.

El problema del cambio climático actual es tanto científico como político y económico. Nuestro abordaje de este problema desde el Centro intenta contemplar esas dimensiones.

2.2. Mitigación e importancia para Uruguay

La *mitigación* hace referencia a la disminución de las emisiones de GEI. Uruguay, como país firmante del Protocolo de Kyoto, se ha comprometido a presentar inventarios nacionales de emisiones de GEI anuales, aunque al no ser país del Anexo I, aún no ha comprometido niveles de reducción de emisiones. La participación de Uruguay en las emisiones de GEI per cápita (se expresa per cápita para comparar el impacto de todos los habitantes de la Tierra) es mayor al promedio mundial, aunque sensiblemente menor a la de los países industrializados. Este indicador es aproximadamente 8t CO₂ equivalente/habitante/año (DINAMA, 2010), el doble del promedio mundial (4t CO₂ equivalente/habitante/año). La particularidad de Uruguay, además de la muy baja densidad poblacional, es que a diferencia del promedio mundial,

el 80 % de las emisiones de GEI son de origen agropecuario y provienen mayoritariamente de la ganadería.

Las emisiones de metano provienen fundamentalmente de las que realizan los rumiantes (vacas y ovejas, vía eructación) como producto final de la fermentación de los alimentos que ocurre en el rumen. Con respecto al óxido nitroso, la principal fuente de emisiones es por desnitrificación del nitrógeno contenido en la orina de los animales y el fertilizante nitrogenado aplicado en cultivos para grano y en pasturas. En la medida que Uruguay tiene una población de rumiantes elevada y un bajo número de habitantes, el indicador de emisiones de metano y de óxido nitroso por habitante es muy alto (DINAMA, 2010).

Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), considerado en su conjunto para la cadena alimentaria mundial, el ganado genera un 9 % de las emisiones de dióxido de carbono antropogénicas, un 37 % de las emisiones de metano y un 65 % de las emisiones de óxido nitroso (Steinfeld y otros, 2006). Calculadas conjuntamente y expresadas en CO₂ equivalente, estas emisiones representan el 18 % de las emisiones antropogénicas a nivel mundial.

En esta situación, para un país agroexportador como Uruguay, es probable que no alcance solo con los bajos costos de producción para competir. Se perfilan nuevos criterios como la competitividad ambiental, evitando el *dumping* que promueve la producción en base a la sobreexplotación de los recursos naturales (como la deforestación de los bosques tropicales y la desertificación). Los países industrializados están derivando fondos a los países en desarrollo para contribuir a la mitigación de las emisiones de GEI (se apunta a reducir las emisiones a los niveles de 1990). Los países industrializados son, a su vez, los mercados más codiciados para la colocación de productos uruguayos provenientes del agro y van a comenzar a hacer pesar esta condición. En este sentido, es de esperar que a corto o mediano plazo se comience a pedir que las exportaciones que se realizan a estos países incluyan información sobre la huella de carbono (y tal vez también algunos otros indicadores ambientales, como la contaminación por nitrógeno y fósforo) por unidad de producto exportado. Habrá que prepararse para una presión que va a llegar desde los países industrializados para fiscalizar cuáles son las condiciones en las que se produce, desde el punto de vista ambiental.

La *huella del carbono* (HC) es la suma de los GEI que están asociados a la producción, distribución y hasta el consumo de un determinado bien, en el caso uruguayo, de los productos como la carne, la leche, o los granos. En este análisis se calculan todas las emisiones de GEI, tanto por los insumos

que se utilizan (fertilizantes, concentrados, combustibles, electricidad) como por el propio proceso productivo. Inclusive para productos ya manufacturados, como puede ser una hamburguesa, se calculan también las emisiones por el transporte (muchas veces interoceánico), por la industrialización y por el empaquetado antes de llegar a las manos del consumidor.

Actualmente hay varios supermercados en la Unión Europea que utilizan esta información y la agregan al resto de las especificaciones del producto, como datos adicionales para la elección que hacen los consumidores al momento de comprar. El Reino Unido está muy avanzado en este aspecto y Francia ha promulgado una ley que obliga a incluir en la etiqueta de los productos la información sobre la HC (desde la cuna-origen hasta el consumidor).

Las metodologías de estimación de la HC que se han desarrollado en los países industrializados para los productos cárnicos y lácteos, muestra que el 80 % de las emisiones de GEI se producen en la fase primaria, es decir, en el proceso productivo a nivel de los establecimientos agropecuarios (Ledgard, 2008). Esto es lo que ha puesto a la ganadería (y en menor proporción a la agricultura) en cuestión, como un contribuyente importante en las emisiones de GEI.

2.3. Adaptación al cambio climático

Además de las acciones de mitigación, la *adaptación* es otra estrategia en el marco del cambio climático actual. En este sentido, la mitigación (o reducción de GEI) es una acción de tipo genérica, mientras que la adaptación es una acción local, específica a un contexto: «adaptarse a qué y con qué consecuencias» (Meinke y otros, 2006). Ello demanda investigación nacional y validación local. Los centros de investigación deben abordar este tema, comenzar a analizar el impacto de estos cambios y las medidas que puedan amortiguar dicho impacto en los resultados productivos y económicos.

La respuesta al cambio y variabilidad climática, por lo tanto, involucra mitigación y adaptación. Para Uruguay la respuesta a nivel de sistemas agropecuarios es central, pero también es clave responder a nivel de otros sistemas, como el de generación y consumo de energía, la gestión integrada de los recursos hídricos, los sistemas costeros, la salud humana, entre otros. Las tendencias climáticas de los últimos 60 años para la región (incluye Uruguay) indican aumento de las precipitaciones y de las temperaturas mínimas. La adaptación de los sistemas productivos a estas condiciones resulta prioritaria.

Aquí se hace necesario enfatizar dos conceptos claves. El primero es la incertidumbre. Más allá de las predicciones promedio de los modelos climáticos, lo más significativo es la gran incertidumbre de dichas predicciones, que es mayor para países que para continentes y es mayor para departamentos/provincias que para países. Cuanto más pequeña es el área geográfica, más incertidumbre en las predicciones (Baethgen, 2010). El segundo concepto clave es que la variabilidad climática interdecadal no es simulada adecuadamente aun por los modelos climáticos. Por lo tanto, los tomadores de decisiones deben prepararse para trabajar con mayor incertidumbre. La buena noticia es que la adaptación al cambio climático se basa en la adaptación a la variabilidad climática actual, corrigiendo los déficits de adaptación de los sistemas, lo cual es algo que hacemos desde siempre, en todos los sistemas, pero que requiere creciente atención a medida que los sistemas se ven más exigidos por el hombre y por un clima cambiante.

Comprender la vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática implica conocer y cuantificar los riesgos climáticos actuales y esperables, la sensibilidad de los grupos humanos a esas amenazas y la capacidad adaptativa de esos sistemas (Cruz, 2011). Estudios de vulnerabilidad requieren equipos interdisciplinarios, que puedan abordar las dimensiones físicas, biológicas, productivas, ambientales, sociales y económicas.

Bibliografía

BAETHGEN, W. (2010): «Gestión de riesgos climáticos en el sector agropecuario para la adaptación al cambio climático», *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*. CATIE, n.º 99.

CRUZ, G. (2011): *Vulnerabilidad al cambio y variabilidad climática. Revisión bibliográfica*. Documento de trabajo en el marco del Proyecto TCP/URU/3301, FAO-MGAP, Montevideo.

DINAMA (2010): *Inventario nacional de gases efecto invernadero. Resumen ejecutivo*, MVOTMA, Montevideo, p. 39.

IPCC (2007): «Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers», *Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report, Climate Change*. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_climate_change_2007_the_ar4_synthesis_report_spanish.htm>.

LEDGARD, S. F. (2008): «Carbon footprinting in New Zealand agriculture. A threat or an opportunity?», *Soils 2008*, Conference Massey University. Palmerston North.

MEINKE, H.; NELSON, R.; KOKIC, P.; STONE, R.; SELVARAJU, R.; BAETHGEN, W. (2006): *Actionable climate knowledge: from analysis to synthesis. Climate Research*, 33: 101-110.

PÉREZ GONZÁLEZ, M. E.; GARCÍA GONZÁLEZ, M. P. (2006): *Críticas al cambio climático a partir de la evolución de la temperatura en el Atlántico Norte. Anales de Geografía*, 26: 95-116.

PÉREZ GONZÁLEZ, M. E.; LLORCA, J.; SANZ DONAIRE, J. (2007): *Evolución de la temperatura superficial desde el siglo XVIII. Nimbus*, 19-20: 215-232.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; de HAAN, C. (2006): *Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options*, FAO, Roma.

Parte 2. Aportes a la adaptación al cambio y variabilidad climática

Dentro de las líneas de trabajo del CIRCVC, los aportes en la dimensión de la adaptación al cambio y variabilidad climática incluyen proyectos en las siguientes áreas:

- 1) Respuesta y adaptabilidad de los sistemas de producción ganaderos y vitícolas a la variabilidad climática: identificar indicadores que permitan cuantificar el impacto de la variabilidad climática sobre la respuesta productiva de sistemas de producción ganaderos pastoriles (carne y leche) y vitícolas, testeando en base a información histórica la capacidad y velocidad de recuperación de los sistemas productivos, luego de una perturbación climática como sequías o inundaciones, y estudiar índices climáticos con efectos fisiológicos en viticultura.
- 2) Estudio de la percepción y vulnerabilidad de los sistemas ganaderos a la sequía: evaluar la percepción de productores ganaderos pastoriles a la sequía, en dos regiones contrastantes del país (Salto y Rocha) y elaborar estrategias de adaptación.
- 3) Sensibilidad y capacidad adaptativa de los principales agroecosistemas al cambio y variabilidad climática y estrategias para construcción de resiliencia: en sistemas ganaderos, lecheros, agrícolas, y frutivitícolas del Uruguay (MGAP-FAO).
- 4) Resiliencia de los sistemas ambientales a la intensificación agraria: evaluar la vulnerabilidad territorial de sistemas ambientales, a escala cuenca, en relación al grado de amenazas y de integridad biofísica, usando un abordaje territorial multiescalar en una superficie rural definida, con el criterio de cuencas hidrográficas, en un proceso de creciente agriculturización e intensificación agraria.
- 5) Impactos del cambio climático en biodiversidad: modelación de los cambios esperables sobre la distribución de especies en distintos escenarios de cambio climático.
- 6) Perspectiva histórica del manejo de pasturas naturales como herramienta de adaptación: estudio de la innovación de manejo de pasturas naturales en Uruguay, su desestimación por el paquete de Nueva Zelanda y sus impactos (ANII-Barrán).

Los siguientes capítulos ejemplifican las líneas de trabajo en esta área.

Capítulo 3

Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad: el caso de los anfibios de Uruguay

Carolina Toranza,⁴ Alejandro Brazeiro⁵ y Raúl Maneyro⁶

Resumen:

La biodiversidad representa la variabilidad de la vida a distintos niveles de organización: dentro de cada especie, entre especies y la variedad de ecosistemas. Además de tener un valor intrínseco, brinda una serie de servicios ecosistémicos, los cuales son beneficios obtenidos por la sociedad a partir de los ecosistemas naturales (soporte, regulación, provisión, estéticos y culturales). En la actualidad la biodiversidad se encuentra amenazada por el cambio global (cambio en el uso del suelo, cambio climático, invasiones biológicas, sobreexplotación, contaminación), dando lugar a lo que se conoce como la *crisis de la biodiversidad*, dada por un aumento en las tasas basales de extinción, una acelerada pérdida de especies y una alteración de los ecosistemas. En particular, el cambio climático ha sido señalado como una de las principales amenazas para la biodiversidad actual y en el futuro.

Durante el siglo XX se han presentado evidencias de cambios en el sistema climático y el IPCC, que predice que estos podrían profundizarse durante el siglo XXI. Fenómenos como incrementos en la temperatura, aumento en el nivel del mar o en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, pueden afectar de diversas formas a la biota. Numerosos estudios han reportado efectos biológicos causados por el cambio climático, que van desde cambios a nivel genético hasta alteraciones en ecosistemas terrestres

4 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Grupo Biodiversidad y Ecología de la Conser.

5 Grupo Biodiversidad y Ecología de la Conser.

6 Sistemática e Historia Natural de Vertebrados, IECA, Facultad de Ciencias, UDELAR, Uruguay.

y marinos. A nivel de especies se han reportado: alteraciones en la época reproductiva, extensión del período de crecimiento, modificación de los patrones migratorios, disminución de la condición corporal y extinciones locales y globales. Asimismo, se han registrado cambios en la distribución de las especies y, en consecuencia, modificaciones en los patrones geográficos de diversidad. En el caso de Uruguay se espera que en el siglo XXI se den aumentos en temperatura y precipitación. Debido al estrecho vínculo entre el clima y la distribución de las especies y a que las respuestas al cambio climático serán especie-específicas, estudiar la distribución presente y proyectar los cambios a futuro es fundamental, para prever y mitigar sus impactos. El objetivo de este capítulo es describir brevemente algunas consecuencias del cambio climático sobre distintos niveles de la biodiversidad. Asimismo, se presentará como ejemplo de caso un estudio sobre los efectos potenciales del cambio climático sobre los anfibios de Uruguay, que se realizó en el marco de una tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (PEDECIBA),⁷ que formó parte de la línea de trabajo «Biodiversidad y cambio climático», del CIRCVC del Espacio Interdisciplinario.

3.1. Introducción general

3.1.1. Cambio climático y sus efectos sobre la biodiversidad

El impacto de la actividad humana desde la revolución industrial y, en especial, durante el último siglo, ha producido alteraciones globales en el uso del suelo, los ciclos biogeoquímicos y el clima (Vitousek, 1994). El cambio climático es uno de los componentes del cambio global más difundido y analizado en la actualidad. Representa una variación sistemática en los promedios o en la variabilidad de las variables que caracterizan el clima de la Tierra a largo plazo, en general varias décadas (IPCC, 2007a). Dada la gran cantidad de evidencia, se podría decir que existe un consenso respecto a que estamos experimentando un proceso de cambio climático.

En el caso de Uruguay, durante el siglo pasado se han registrado efectos del cambio climático, tales como:

- 1) Tendencia al aumento de las precipitaciones acumuladas anuales de alrededor de un 20 % (Kane, 2002).

⁷ Este trabajo se enmarca en los resultados de la tesis de maestría titulada *Riqueza de anfibios de Uruguay: determinantes ambientales y posibles efectos del cambio climático* (Maestría en Ciencias Biológicas, PEDECIBA-Biología, Facultad de Ciencias-UDELAR, 2011).

- 2) Aumento de unos 0,8 °C en la temperatura del aire en Montevideo en el período 1883-2003 (Bidegain y otros, 2005).
- 3) Proceso de calentamiento en Uruguay, tanto en las medias como en los extremos de temperatura de verano e invierno, siendo este fenómeno más acentuado en invierno (Rusticucci y Renom, 2008).
- 4) Incremento del número de eventos de precipitación extrema (de hasta 12 días) en los últimos 40 años (Marengo y otros, 2010).

Más allá de los cambios climáticos ya registrados, se espera una intensificación de este fenómeno durante el siglo XXI. Si bien se establecen distintos escenarios de emisión de GEI y aerosoles, bajo cualquiera de ellos se espera un aumento de la temperatura media global. Para finales del siglo XXI las proyecciones de aumento de la temperatura media global oscilan entre 1,4 y 5,9 °C. Asimismo, se esperan cambios en las precipitaciones y en la variabilidad climática y la incidencia de eventos climáticos extremos (ejemplos: sequías e inundaciones), asociados a una intensificación de fenómenos climáticos como la oscilación del Pacífico Sur (El Niño) (Magrin y otros, 2007).

El cambio climático es un proceso en marcha, que continuará durante el siglo XXI aunque cesen las emisiones de GEI y tendrá consecuencias sobre los seres humanos y los sistemas biológicos. Ya se ha recopilado evidencia sobre la respuesta biológica al cambio climático en distintos niveles de organización. Se han documentado efectos que van desde el nivel genético, como la variación en la frecuencia de inversión cromosómica (Balanyá y otros, 2006), hasta efectos a nivel de ecosistemas marinos (Halpern y otros, 2008; Harley y otros, 2006) y terrestres (Boisvenue y Running, 2006; Peñuelas y Boada, 2003).

Los efectos del cambio climático a nivel de organismos y poblaciones son múltiples y se han documentado: cambios en los patrones de abundancia (Parmesan y Yohe, 2003); disminución de la condición corporal y tasa de sobrevivencia (Reading, 2007); cambios en la época reproductiva (Gibbs y Breisch, 2001), los patrones de desarrollo (Crick y otros, 1997) y migración (Jenni y Kéry, 2003), disminución de la tasa de sobrevivencia (Alford y otros, 2007), así como extinciones locales y globales (Pounds y Crump, 1994).

Estos cambios a nivel de los individuos pueden propagarse a niveles superiores de organización y modificar la distribución de las especies, alterar los patrones geográficos de diversidad (Hickling y otros, 2006) e incluso generar extinciones locales y globales (Pounds y otros, 1999b). Numerosos estudios indican modificaciones en el rango de distribución de las especies

en respuesta al cambio climático pasado (Lovejoy y Hannah, 2005). Durante el siglo XX se han registrado cambios en la distribución de algunos grupos biológicos en respuesta al cambio climático actual (Parmesan y Yohe, 2003). Si bien existe cierta variación en las respuestas observadas, la tendencia de cambio en la distribución de las especies muestra principalmente un corrimiento de los rangos de distribución hacia latitudes altas (Parmesan y otros, 1999) o zonas de mayor altitud (Chen y otros, 2009; Leonoir y otros, 2008).

3.1.2. Impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad

Las proyecciones hacia finales del siglo XXI estarían indicando un aumento sostenido de los impactos del cambio climático en la biota. Si bien hoy en día el componente más importante de la crisis de la biodiversidad es el cambio en el uso del suelo, se estima que en el futuro el cambio climático podría volverse la principal amenaza sobre la biodiversidad (Thuiller, 2007). Adicionalmente a los efectos directos, se esperan efectos indirectos del cambio climático sobre los sistemas biológicos a través de su interacción con otros factores, tales como el cambio en el uso del suelo o la dispersión de especies exóticas o epidemias (Brook y otros, 2008).

Dado que se espera que el cambio en el clima varíe entre regiones y que las especies pueden responder de forma idiosincrática, estudiar la distribución presente y proyectar los cambios a futuro es fundamental para poder planificar y eventualmente mitigar los impactos sobre la biodiversidad (Araújo y Rahbek, 2006). Este tipo de estudios son especialmente importantes en los bordes del rango de distribución de las especies, ya que se espera que dichas poblaciones sean las más sensibles al cambio climático y las primeras en expresar cambios en los parámetros demográficos (Anderson y otros, 2009).

3.2. Estudio de caso

3.2.1. Efectos potenciales del cambio climático sobre los anfibios de Uruguay

Los anfibios están sufriendo un fenómeno de declinación global (Alford y Richards, 1999). En la actualidad, 32 % de las especies (1.856) se encuentran globalmente amenazadas y 20 % no cuenta con datos suficientes para su evaluación (Stuart y otros, 2004). Los factores involucrados en la declinación de las poblaciones de anfibios son múltiples y sinérgicos (Rohr y Raffel, 2010),

dentro de los cuales se ha propuesto al cambio climático (Alford y Richards, 1999). Ya se han detectado efectos adversos en anfibios debido a cambios en el clima, tales como: declinaciones poblacionales (Pounds y otros, 1999), disminución de la condición corporal y tasa de sobrevivencia (Reading, 2007), cambios en la fenología de las especies (Gibbs y Breisch, 2001) y cambios en la distribución (Hickling y otros, 2006). También existen evidencias que vinculan al cambio climático con la expansión del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, responsable de la Chytridiomycosis, una pandemia que afecta a muchas poblaciones de anfibios en el mundo (Mazzoni y otros, 2003).

Como se mencionó anteriormente, el clima cumple un rol clave en la generación de los patrones de diversidad. En el caso de los organismos ectotermos, esa regulación climática es especialmente importante (Bennet, 1990). El estudio de los patrones geográficos de diversidad de vertebrados terrestres en Uruguay es muy incipiente. En anfibios los estudios a escala nacional son muy escasos. Se destacan uno sobre la distribución de registros de colección (Núñez y otros, 2004) y otro del grado de conocimiento y los vacíos de información en el grupo (Canavero y otros, 2010), y hasta el momento no hay ningún estudio que vincule la distribución del grupo con el clima.

La sensibilidad de los anfibios a las condiciones ambientales, su acelerada tasa de declinación y los pronósticos de cambio climático, hacen imprescindible el desarrollo de estudios sobre los patrones de diversidad en este grupo en Uruguay y la evaluación de las posibles consecuencias del cambio climático sobre él. Enmarcado en el efecto del clima sobre la distribución y diversidad de las especies y dado para el siglo XXI, se proyectan aumentos en temperatura y precipitación en Uruguay. El objetivo de esta tesis fue explorar los cambios potenciales en la distribución y riqueza de anfibios de Uruguay en respuesta a los cambios climáticos proyectados para los escenarios A2 y B2 (IPCC, 2001).

3.2.2. Modelación de las distribuciones y proyección a futuro

Los datos de distribución de especies suelen ser incompletos y, en general, solo se cuenta con información de presencia de las especies (Pearson y otros, 2007). Una de las herramientas más utilizadas en la actualidad para la estimación de la distribución potencial de las especies son los «modelos de nicho» (Lobo y otros, 2010), que estiman la distribución correlacionando información de ocurrencia de las especies (registros) con variables ambientales (ejemplos: climáticos, topográficos). Dentro de sus aplicaciones pueden

mencionarse: detección de nuevas áreas de distribución o nuevas especies (Pearson y otros, 2007), predicción de invasiones (Ward, 2007), aportes al diseño de planes de conservación (Ferrier, 2002) o estudios sobre impactos potenciales del cambio climático (Levinsky y otros, 2007).

Se ha desarrollado un gran número de modelos de nicho, los cuales tienen distinta aptitud a la hora de describir la distribución de las especies. Estudios recientes enfocados en la comparación de distintos métodos de modelación indican que el Programa MAXENT (Phillips y otros, 2004) es uno de los más robustos (Elith y otros, 2006).

Para modelar la distribución potencial actual (1950-2000) y futura (décadas 2050 y 2080) de 38 especies de anfibios nativos de Uruguay, se incluyeron 36 variables climáticas y una topográfica (cuadro 1). Estas fueron descargadas de la base WorldClim⁸ (Hijmans y otros, 2005) y para modelar se utilizó la versión 3.3.1 del Programa MAXENT.⁹ La modelación actual y futura de la distribución de cada especie se realizó de forma simultánea.

Cuadro 1. Lista de variables climáticas para el período actual (promedio de 60 años) y las proyecciones para las décadas de 2050 y 2080 incluidas en la modelación de la distribución potencial de las 38 especies de anfibios

Variables incluidas	Abreviaciones utilizadas
Temperaturas mínimas mensuales (°C)	$T_{min1}, T_{min2}, T_{min3}, T_{min4}, T_{min5}, T_{min6}, T_{min7}, T_{min8}, T_{min9}, T_{min10}, T_{min11}$ y T_{min12}
Temperaturas máximas mensuales (°C)	$T_{max1}, T_{max2}, T_{max3}, T_{max4}, T_{max5}, T_{max6}, T_{max7}, T_{max8}, T_{max9}, T_{max10}, T_{max11}$ y T_{max12}
Precipitación mensual acumulada (mm)	$Prec_1, Prec_2, Prec_3, Prec_4, Prec_5, Prec_6, Prec_7, Prec_8, Prec_9, Prec_{10}, Prec_{11}, Prec_{12}$
Altura media (m)	Alt_{med}

Fuente: WorldClim (<http://www.worldclim.org>).

Es importante mencionar en este punto, que existe una importante incertidumbre en las proyecciones de los Modelos de Circulación General Acoplado Atmósfera-Océano (MCGAO), respecto al cambio climático esperado para el siglo XXI a nivel global. Dicha incertidumbre se incrementa aún más cuando las proyecciones son bajadas de escala (*downscaling*) para ser

8 Disponible en: < <http://www.worldclim.org> >.

9 Disponible en: <<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>>.

aplicadas a escala local, como en este trabajo. A pesar del reconocimiento explícito respecto a que se trabajó con grandes rangos de incertidumbre, estos modelos en la actualidad son la mejor herramienta para explorar los impactos potenciales del cambio climático a futuro sobre la biodiversidad. Es considerando la actual crisis de la biodiversidad y en el contexto de la Biología de la Conservación, que en esta tesis, reconociendo la incertidumbre en los pronósticos climáticos, se exploran los impactos potenciales del cambio climático proyectado sobre la riqueza y la distribución de anfibios nativos.

3.2.3. Escenarios futuros SRES

Los escenarios climáticos son estimaciones acerca del futuro posible, consistentes con suposiciones sobre emisiones de GEI y el conocimiento científico sobre la respuesta del clima a distintas concentraciones de dichos gases. El IPCC en su reporte especial de escenarios de emisión (IPCC, 2000) propuso cuatro conjuntos o familias de escenarios: A1, A2, B1 y B2, que exploran distintas vías de desarrollo (demográfico, político-social, económico y tecnológico). En función de las diferencias entre los diversos escenarios, se proyectan distintos cambios en el clima.

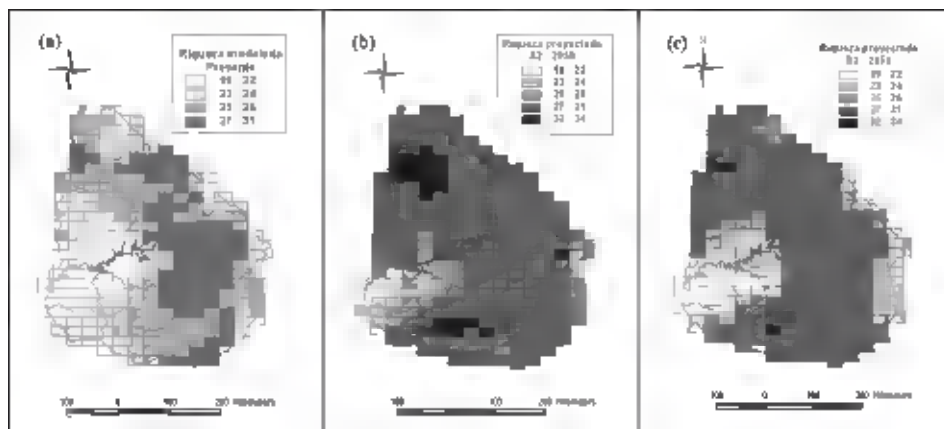
En este estudio se usaron las proyecciones climáticas para los escenarios SRES (Special Report Emissions Scenarios) A2 (severo) y B2 (moderado), que han sido indicados como los más probables para la región por los proyectos AIACC¹⁰ de Latinoamérica (Assessment of Impacts and Adaptations to Climate Change; DINAMA, 2005).

Para obtener los mapas de riqueza de especies, se superpuso la distribución modelada de las 38 especies con una grilla de 302 cuadrículas ($\approx 660 \text{ km}^2$) que cubre todo Uruguay. A esa escala se mapeó la riqueza de especies actual y futura y se analizó la diferencia entre la riqueza de cada escenario con la riqueza actual, utilizando técnicas SIG y con el Programa ArcView GIS v 3.2.

3.2.4. Cambios proyectados en la riqueza de especies

Según las proyecciones de cambio en el clima de Uruguay, se daría un aumento de la riqueza local de anfibios prácticamente en todo el país. Se presentan los resultados de la modelación para la década de 2050 en el gráfico 1.

10 Disponible en: <www.aiaccproject.org>.

Gráfico 1. Riqueza modelada de anfibios de Uruguay a escala 1:50.000 (2050)

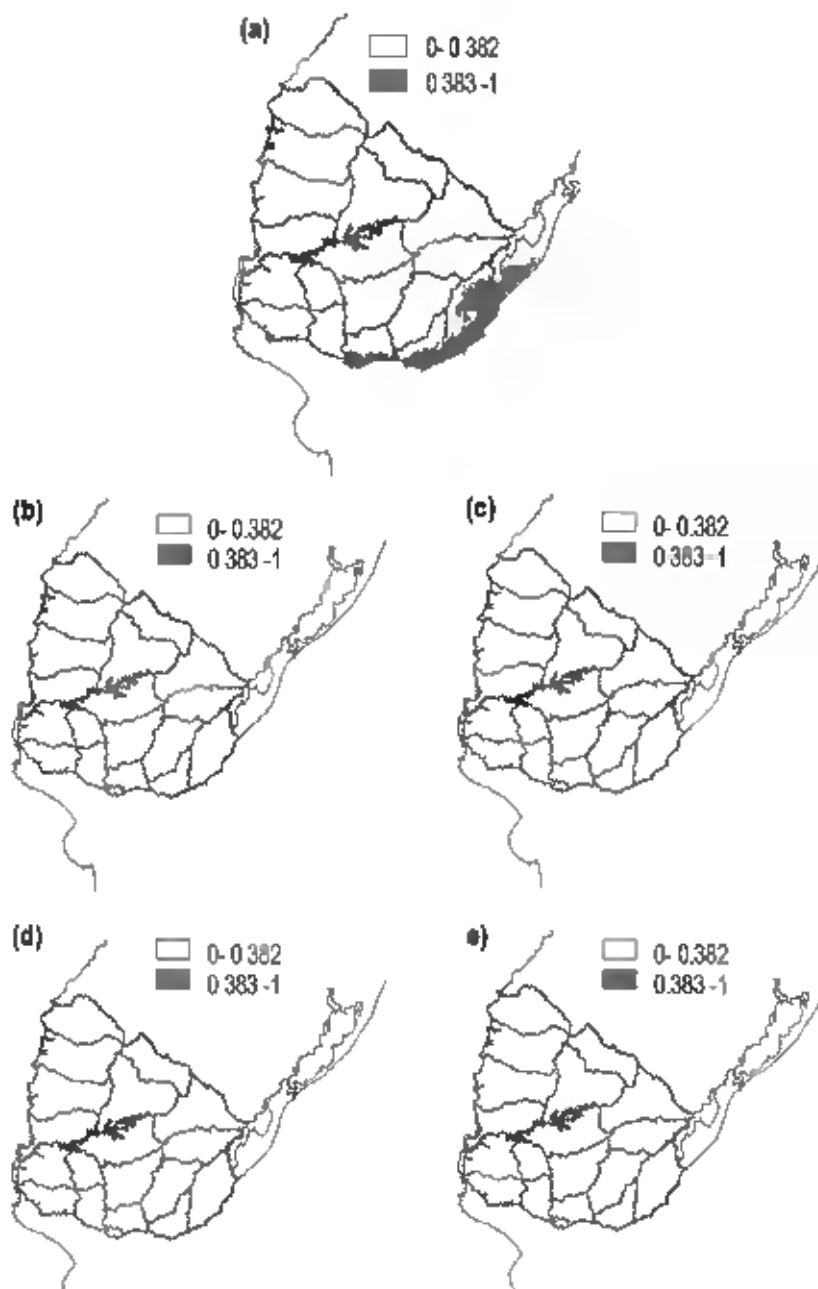
Nota: (a) riqueza de anfibios actual, (b) riqueza de anfibios proyectada para el escenario A2 (2050) y (c) riqueza de anfibios proyectada para el escenario B2.

En cuanto a las diferencias entre la riqueza modelada actual y proyectada se darían aumentos en casi todas las cuadrículas. Por otra parte, en ambos escenarios (A2 y B2) se detectó una direccionalidad en el aumento proyectado de la riqueza de especies, que se da en el eje noroeste-sureste.

3.2.5. Cambios proyectados en la distribución de las especies

Según los resultados del proceso de modelación, la mayoría de las especies mantendría su distribución actual (45 %) o se expandiría (39 %) y serían pocas las que se retraerían respecto a su distribución actual (16 %) (cuadro 2). Considerando únicamente las especies que presentarían cambios, más del 70 % extendería su distribución en Uruguay en ambos escenarios futuros (A2 y B2). Sin embargo, merece especial atención el hecho de que en ambos escenarios las proyecciones indican la pérdida de las condiciones climáticas que ocupa actualmente *Melanophryniscus montevidensis*, especie endémica de la región y actualmente categorizada como especie amenazada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)¹¹ (gráfico 2). También debe mencionarse una especie casi amenazada: *Pleurodema bibroni*, para la que se predice una disminución de su rango de distribución (cuadro 2).

11 Disponible en: <<http://www.iucnredlist.org>>.

Gráfico 2. Distribución modelada de *Melanophryniscus montevidensis*

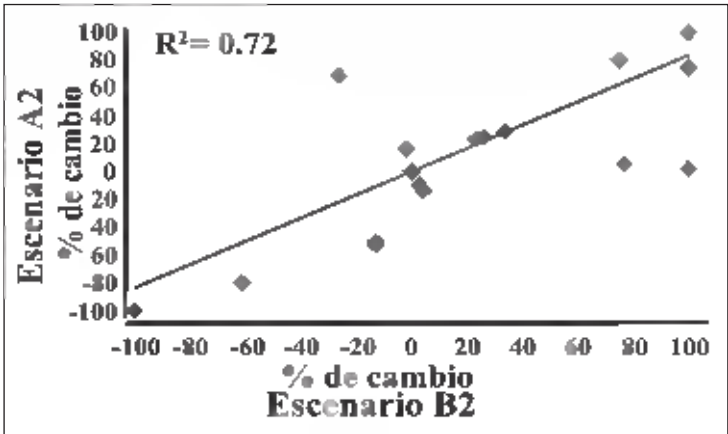
Nota: (a) Distribución presente; (b) Distribución futura A2 (2050); (c) Distribución futura B2 (2050); (d) Distribución futura A2 (2080); (e) Distribución futura B2 (2080). Nótese que para ambos escenarios proyectados desaparecerían las condiciones climáticas que ocupa actualmente la especie

Cuadro 2. Respuesta de las 38 especies estudiadas al cambio climático proyectado para los escenarios A2 y B2 del IPCC (modelo HadCM3)

Especie	A2			B2		
	Expansión	No cambio	Retracción	Expansión	No cambio	Retracción
Elachistocleis bicolor		X			X	
Dendropsophus minutus*			X	X		
Dendropsophus nanus	X			X		
Dendropsophus sanborni		X			X	
Hypsiboas pulchellus		X			X	
Pseudis limellun	X			X		
Pseudis minutus		X			X	
Scinax berthae		X			X	
Scinax fuscovarius	X			X		
Scinax granulatus		X			X	
Scinax nasicus	X			X		
Scinax squalirostris		X			X	
Scinax uruguayus	X			X		
Phyllomedusa iheringii*	X					X
Rhinella achavali	X			X		
Rhinella arenarum			X			X
Rhinella dorbignyi			X			X
Rhinella fernandezae		X			X	
Rhinella schneideri	X			X		
Melanophryniscus atroluteus	X			X		
Melanophryniscus montevidensis †			X			X
Melanophryniscus sanmartini	X			X		
Limnomedusa macroglossa		X			X	
Odontophrynus americanus		X			X	
Physalaemus biligonigerus		X			X	
Physalaemus cuvieri	X			X		
Physalaemus gracilis		X			X	
Physalaemus henselii*			X	X		
Physalaemus riograndensis*	X					X
Pleurodema bibroni			X			X
Pseudopaludicola falcipes		X			X	
Leptodactylus chaquensis	X			X		
Leptodactylus furnarius	X			X		
Leptodactylus gracilis		X			X	
Leptodactylus latinasus		X			X	
Leptodactylus mystacinus		X			X	
Leptodactylus latrans		X			X	
Leptodactylus podicipinus	X			X		
Total	15	17	6	15	17	6

*Nota: †Especies que perderían sus condiciones climáticas en ambos escenarios. *Especies que presentaron respuestas inconsistentes entre el escenario A2 y B2. Es importante resaltar que el grado de cambio en la distribución de las especies, medido como el % de cuadrículas ganadas o perdidas respecto a la distribución actual, fue altamente concordante entre los dos escenarios evaluados (gráfico 3).*

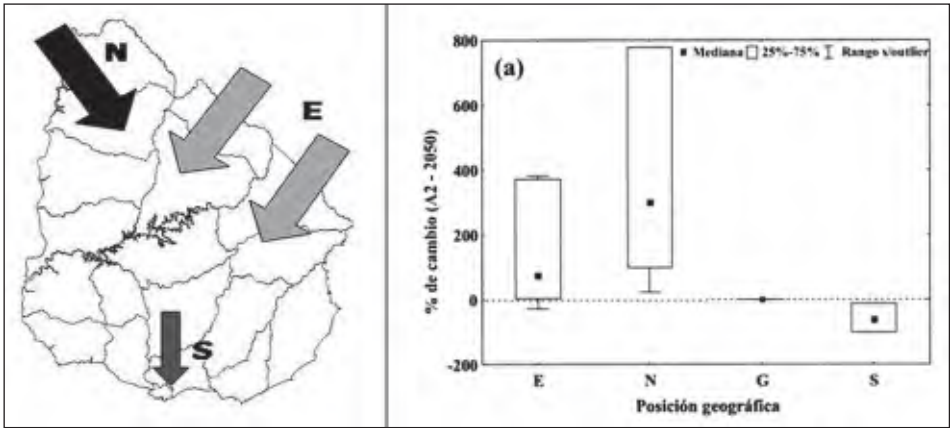
Gráfico 3. Correlación entre escenarios respecto al grado de cambio en la distribución de las especies (% de cuadrículas ganadas o perdidas)



Nota: Cada punto representa el porcentaje de cambio de una especie según cada escenario.

En la tesis se exploraron distintos atributos: taxonomía, hábito de vida y posición geográfica, para ver si algún rasgo de la historia de vida de los anfibios los haría más sensibles al cambio climático. Ese análisis mostró que la posición geográfica (ejemplos norte, este, sur y generalistas) sería un atributo a tener en cuenta respecto a posibles modificaciones en la distribución en función al cambio climático. Las especies distribuidas al sur del país se retraerían más de lo esperado en ambos escenarios de cambio climático (gráfico 4).

Gráfico 4. Diagrama de caja que muestra el porcentaje de cambio entre grupos de especies según su posición geográfica para la década del 2050 en el escenario A2



Nota: E: Este; N: Norte; G: Generalista, S: Sur).

3.3. Conclusiones

Los corrimientos que podrían darse en la distribución de las especies hacia el sur y el aumento de la riqueza local en el eje norte-sur, coinciden con trabajos realizados para toda América (Blaustein y otros, 2006) y con las proyecciones de cambios en la anfibios del Hemisferio Norte (Araújo y Rahbek, 2006). También debe tenerse en cuenta que en esta tesis solo se modelaron especies nativas, pero estudios previos sugieren que podría darse una ganancia de especies en el futuro, por el desplazamiento del límite sur de distribución de varios anfibios subtropicales (Lawler y otros, 2010).

Si bien se proyectan expansiones o mantención de la distribución actual, debe prestarse especial atención a la disponibilidad de ambientes adecuados y la capacidad de dispersión de las especies, ya que estos pueden representar factores limitantes para la conservación de las especies en el futuro. Esto es especialmente relevante para las especies que sufrirían retracciones y que ya se encuentran actualmente amenazadas. Un ejemplo claro de esto es *Melanophryniscus montevidensis*, especie endémica, amenaza a nivel internacional. Según los resultados de este trabajo, esta especie podría perder el rango de condiciones ambientales que actualmente ocupa, lo cual podría redundar en la pérdida de esta especie a nivel global.

Aunque no fue analizado aquí, es esperable que a futuro se den modificaciones en la composición de las comunidades, con impactos no previsibles para la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Davis y otros, 1998).

Finalmente, cabe destacar que este constituye el primer trabajo nacional en el que se evaluaron impactos potenciales del cambio climático sobre todo un grupo, como lo son los anfibios de Uruguay.

Bibliografía

ALFORD, R. A.; BRADFIELD, K. S. y RICHARDS, S. J. (2007): «Global warming and amphibian losses», *Nature*, 447, E3-E4.

ALFORD R. A. y RICHARDS S. J. (1999): «Global amphibian declines: a problem in applied ecology», *Annual Reviews in Ecology and Systematic*, 30:133-165.

ANDERSON, B. J.; AKCAKAYA, H. R.; ARAÚJO, M. B.; FORDHAM, D. A.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; THUILLER, W. y BROOK, B. W. (2009): «Dynamics of range margins for metapopulations under climate change», *Proceeding of the Royal Society*, B 276: 1415-1420.

ARAÚJO, M. B. y RAHBEK, C. (2006): «How Does Climate Change Affect Biodiversity?», *Science*, 313: 1396-1397.

BALANYÁ, J.; OLLER, J. M.; HUEY, R. B.; GILCHRIST, G. W. y SERRA, L. (2006): «Global Genetic Change Tracks Global Climate Warming», *Drosophila subobscura Science*, 313: 1973-1975.

BENNET, A. F. (1990) «Thermal dependence of locomotor capacity», *Integrative and comparative physiology*, 259: 253-258.

BIDEGAIN, M.; CAFFERA, R. M.; BLIXEN, F.; PSHENNIKOV, V.; LAGOMARSINO, J. J.; FORBES, E. A. y NAGY, G. J. (2005): «Tendencias climáticas, hidrológicas y oceanográficas en el Río de la Plata y Costa Uruguaya», ed.: V. BARROS, A. MENÉNDEZ y G. J. NAGY. *El cambio climático en el Río de la Plata*, CIMA, Buenos Aires, 137-143.

BLAUSTEIN, R. A.; WALLS, S. C.; BANCROFT, B. A.; LAWER, J. J.; SEARLE, C. L. y GERVASI, S. S. (2010): *Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. Diversity*, 2: 281-313.

BOISVENUE, C. y RUNNING, S. W. (2006): «Impacts of climate change on natural forest productivity – evidence since the middle of the 20th century», *Global Change Biology* 12: 862-882.

BROOK, B. W.; SODHI, N. S. y BRADSHAW, C. J. A. (2008): «Synergies among extinction drivers under global change», *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 453-460.

CANAVERO, A.; BRAZEIRO, B.; CAMARGO, A.; DA ROSA, I.; MANEYRO, R. y NÚÑEZ, D. (2010): «Amphibian diversity of Uruguay: Background knowledge, inventory completeness and sampling coverage», *Boletín de la Sociedad Zoológica de Uruguay*, 19: 2-19.

CHEN, I.-C.; SHIOUB, H.-J.; BENEDICK, S.; HOLLOWAYD, J. D.; CHEYE, V. K.; BARLOW, H. S.; HILLA, J. K. y THOMAS, C. D. (2009): «Elevation increases in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain», *PNAS*, 106: 1479-1483.

CRICK, H. Q. P.; DUDLEY, C.; GLUE, D. E. y THOMSON, D. L (1997): «UK birds are laying eggs earlier», *Nature*, 388: 526.

DAVIS, A. J.; JENKINSON, L. S.; LAWTON, J. H.; SHORROCKS, B. y WOOD, S. (1998): «Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming», *Nature*, 391: 783-786.

DINAMA (2005): *Análisis de la estadística climática y desarrollo y evaluación de escenarios climáticos e hidrológicos de las principales cuencas hidrográficas el Uruguay y de su zona costera (Río Uruguay, Río Negro, Laguna Merín, Río de la Plata y Océano Atlántico)*, , Unidad de Cambio Climático/ MVOTMA, Montevideo, 84.

ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, R. P.; DUDIK, M.; FERRIER, S.; GUIBAN, A.; HIJMANS, R. J.; HUETTMANN, F.; LEATHWICK, J. R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L. G.; LOISELLE, B. A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; OVERTON, J. M.; PETERSON, A. T.; PHILLIPS, S. J.; RICHARDSON, K.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R. E.; SOBERÓN J.; WILLIAMS, S.; WISZ, M. S. y ZIMMERMANN, N. E. (2006): «Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data», *Ecography*, 29: 129-151.

FERRIER, S. (2002): «Mapping Spatial Pattern in Biodiversity for Regional Conservation Planning: Where to from Here?», *Systematic Biology*, 51: 331-363.

GIBBS, J. P. y BREISCH, A. R. (2001): «Climate Warming and Calling Phenology of Frogs near Ithaca, New York, 1900-1999», *Conservation Biology* 15: 1175-1178.

HALPERN, B. S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K. A., KAPPEL, C. V., MICHELI, F., D'AGROSA, C., BRUNO, J. F.; CASEY, K. S.; EBERT, C.; FOX, H. E.; FUJITA, R.; HEINEMANN, D.; LENIHAN, H. S.; MADIN, E. M. P.; PERRY, M. T.; SELIG, E. R.; SPALDING, M.; STENECK, R. y WATSON, R.A. (2008): «Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems», *Science*, 319: 948-952.

HARLEY, C. D. G.; HUGHES, A. R.; HULTGREN, K. M.; MINER, B. G.; SORTE, C. J. B.; THORNER, C. S.; RODRÍGUEZ, L. F.; TOMANEK, L. y WILLIAMS, L. (2006): «The impacts of climate change in coastal marine systems», *Ecology Letters*, 9: 228.

HICKLING, R.; ROY, D. B.; HILL, J. K.; FOX, R. y THOMAS, C. D. (2006): «The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards», *Global Change Biology*, 12 : 450-455.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S.; PARRA, J. L.; JONES, P. G. y JARVIS, A. (2005): «Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas», *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.

IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report Synthesis Report*, IPCC, Valencia.

IPCC (2001): *Cambio climático: informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas*, IPCC, Wembley.

JENNI L. y KÉRY M. (2003): «Timing of Autumn Bird Migration under Climate Change: Advances in Long-Distance Migrants, Delays in Short-Distance Migrants», *Proceedings: Biological Sciences*, 270: 1467-1471.

KANE, R. P. (2002): «Precipitation anomalies in southern America associated with a finer classification of El Niño and La Niña events», *International Journal of Climatology*, 22: 357-373.

LAWLER, J. J.; SHAFER, S.; BANCROFT, B. A. y BLAUSTEIN, A. R. (2010): «Projected Climate Impacts for the Amphibians of the Western Hemisphere», *Conservation Biology*, 24: 38-50.

LEONIR, J.; GÉGOUT, J. C.; MARQUET, P. A.; de RUFFRAY, P. y BRISSE, H. A. (2008): Significant Upward «Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century», *Science*, 320: 1768-1771.

LEVINSKY, I.; SKOV F.; SVENNING, J. C. y RAHBK, C. (2007): «Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals», *Biodiversity and Conservation*, 16: 3803-3816.

LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE. A. y HORTAL. J. (2010): «The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modeling», *Ecography*, 33: 103-114.

LOVEJOY, T. E. y HANNAH, L. (2005): *Climate Change and Biodiversity*, New Haven, Yale University, p. 418.

MAGRIN, G.; GAY GARCÍA, C.; CRUZ CHOQUE; D., GIMÉNEZ, J. C.; MORENO, A. R.; NAGY, G. J.; NOBRE, C. y A. V. (2007): «Latin America Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability». Eds.: M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. Van der Linden y C. E. Hanson. *Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp. 581-615.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O. y RENOM M. (2010): «An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends», *Climatic Change*, 98: 509-529.

NÚÑEZ, D.; MANEYRO, R.; LANGONE, J. A. y de SA, R. O. (2004): «Distribución geográfica de la fauna de anfibios del Uruguay», *Smithsonian Herpetological Information Series*, 134: 1-34.

PARMESAN, C. y YOHE, G. (2003): «A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems», *Nature*, 421: 37-42.

PARMESAN, C.; RYRHOLOM, N.; STEFANESCU, C.; HILLK, J. K.; THOMAS, C. D.; DESCIMON, H.; HUNTLEY, B.; KAILAL, L.; KULLBERG, J.; TAMMARU, T.; TENNENT, W. J.; THOMAS, J. A. y WARREN, M. (1999): «Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming», *Nature*, 399: 579-583.

PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M. y PETERSON, A. T. (2007): «Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar», *Journal of Biogeography*, 34: 102-117.

PEÑUELAS, J. y BOADA, M. (2003): «A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NW Spain)», *Global Change Biology*, 9: 131-140.

PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. y SCHAPIRE, R. E. (2004): «A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling», Eds.: R. Greiner. y D. Schuurmans. In: *Proceedings of the 21st International Machine Learning Conference*, New York. ACM Press, pp. 655-662.

POUNDS, J. A.; FOGDEN, M. P. y CAMPBELL, J. H. (1999): «Biological response to climate change on a tropical mountain», *Nature*, 398: 611-615.

POUNDS, J. A. y CRUMP, M. L. (1994): «Amphibian declines and climate disturbance: the case of the golden toad and the harlequin frog», *Conservation Biology*, 8: 72-85.

READING, C. J. (2007): «Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship», *Oecologia*, 151: 125-131.

ROHR, J. R. y RAFFEL, T. R. (2010): «Linking global climate and temperature variability to widespread amphibian declines putatively caused by disease», *PNAS*, 107: 8269-8274.

RUSTICUCCI, M. y RENOM, M. (2008): «Variability and trends in indices of quality-controlled daily temperature extremes in Uruguay», *International Journal of Climatology*, 28: 1083-1095.

THUILLER, W. (2007): «Climate change and the ecologist», *Nature*, 448: 550-552.

VITOUSEK, P. (1994): «Beyond Global Warming: Ecology and Global Change», *Ecology* 75: 1861-1876.

WARD, D. F. (2007): «Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand», *Biological Invasions*, 9: 723-735.

Capítulo 4

Evaluación de la productividad primaria neta en un contexto de intensificación agraria y cambio ambiental global: aplicación en la cuenca del arroyo Tomás Cuadra (Durazno)

Mauricio Ceroni,¹² Marcel Achkar¹³ e Ines Gazzano¹⁴

Resumen:

Este trabajo se enmarca en los resultados de la tesis de maestría titulada «Evolución multiescalar de la productividad primaria neta en sistemas ambientales frente a la intensificación agraria» (Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, UDELAR, 2012).

En Uruguay, durante los últimos 30 años se ha manifestado un aumento de la variabilidad climática y una intensificación sobre el uso de suelo durante los últimos 10 años, que lo enmarca en un contexto de cambio ambiental global, que afecta la funcionalidad de los territorios agrarios. Este trabajo pretende contribuir al proceso de describir y explicar los cambios que existen en los territorios agrarios, utilizando la productividad primaria neta (PPN) como una variable síntesis del comportamiento de un sistema ambiental a escala cuenca hidrográfica. El área de estudio es la cuenca del arroyo Tomás Cuadra, Durazno-Uruguay, con área total de 1000 km², caracterizada por presentar diversidad de usos de suelo. Se utilizó el índice de vegetación normalizado (NDVI), mediante imágenes SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) para

12 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

13 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio, IECA, Facultad de Ciencias, UDELAR, Uruguay.

14 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Unidad de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, UDELAR, Uruguay.

el período 1998-2011 para evaluar la PPN. Se evidenció una tendencia a la baja de la productividad para el período estudiado. Esto cuestiona la capacidad del sistema de mantener la función productividad de largo plazo, en el contexto de cambio global y variabilidad climática.

Palabras claves: PPN, intensificación agraria, cuenca hidrográfica.

4.1. Introducción

El análisis de la historia del planeta indica que permanentemente se producen cambios en las direcciones e intensidades de los flujos de la naturaleza. El desarrollo tecnológico ha posibilitado que las tasas de cambios se aceleren modificando la duración de los ciclos de flujo de la materia en el planeta. A esta aceleración de los cambios se ha denominado *cambio ambiental global* (Vitousek, 1994). Dicho cambio es un ejemplo claro de las interacciones que existen entre los diferentes componentes, modificando la estructura y las funciones del sistema terrestre. El cambio climático, el cambio en la biodiversidad y el cambio en los usos de la tierra son algunos de los componentes estructurales del cambio (Vitousek, 1994).

El cambio ambiental global es uno de los fenómenos que ha alcanzado mayor trascendencia para la humanidad del siglo XXI y que, con el componente climático a la cabeza, está acaparando la atención científica, mediática y popular con la intensidad de los grandes retos planetarios. Progresivamente la cuestión ambiental se encuentra con mayor frecuencia y de manera persistente en el centro de los debates sobre el desarrollo económico, el bienestar, la seguridad y la cultura de las personas (Boada y Saurí, 2003). Entender cómo la humanidad se articula con los otros componentes del sistema ambiental, transformándolo, y cómo este proceso repercute en la organización de la vida en el planeta es una preocupación científica clave.

El incremento de GEI está causando modificaciones en las variables climáticas: incremento de la temperatura media global de 0.8 °C en los últimos 100 años, disminución de los hielos continentales y las nieves permanentes, aumento promedio del nivel del mar de 1,8 mm/año (IPPC, 2007).

A escala planetaria, cerca de un 50 % de la superficie terrestre ya fue modificada por acciones antrópicas, principalmente el cambio de sistemas naturales a territorios agrarios y urbanización (Chapin y otros, 1997). Lo «agrario» pasó a ser el mayor bioma del planeta: 40 % de superficie terrestre, 13 millones de km² para la agricultura y 34 millones de km² para la ganadería (Foley y otros, 2005).

Estos cambios repercuten de forma directa en la biodiversidad y si bien el proceso de transformación de los distintos niveles de organización de la vida en el planeta significó aparición-extinción-permanencia de especies en el planeta, se estima que la actual tasa de extinción es entre 100 y 1000 veces mayor que la tasa en etapas anteriores a la existencia humana (Wilson, 1992; Lawton y May, 1995; Pimm y otros, 1995). Las alteraciones en el uso de la tierra han causado la extinción del 5 al 20 % de las especies de aves, mamíferos, peces y plantas (Pimm y otros, 1995), siendo el factor de mayor impacto la pérdida/alteración de hábitats (Sala y otros, 2000).

Estos procesos presentan distintos niveles de manifestación según la escala de análisis: global, regional y local. Para analizar los cambios en flujos de energía y materia de los sistemas ambientales producto de las forzantes del sistema, se puede utilizar la productividad, que es una variable funcional que responde más rápido que los atributos estructurales de los cambios (Milchunas y Lauenroth, 1995).

La PPN se define como la energía fijada en biomasa vegetal (producida por la fotosíntesis menos la respiración de las plantas). La relación entre la absorción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de la vegetación y su transformación en biomasa, PPN, es una de las características más importantes del funcionamiento ecosistémico (Odum, 1960; Whittaker y Likens, 1973)

La medición de estos flujos se puede realizar mediante la estimación de energía utilizada por la vegetación para realizar sus funciones fotosintéticas, siendo el NDVI un índice de medición que incorpora esta interacción (Tucker y Sellers, 1985; Paruelo y otros, 1997).

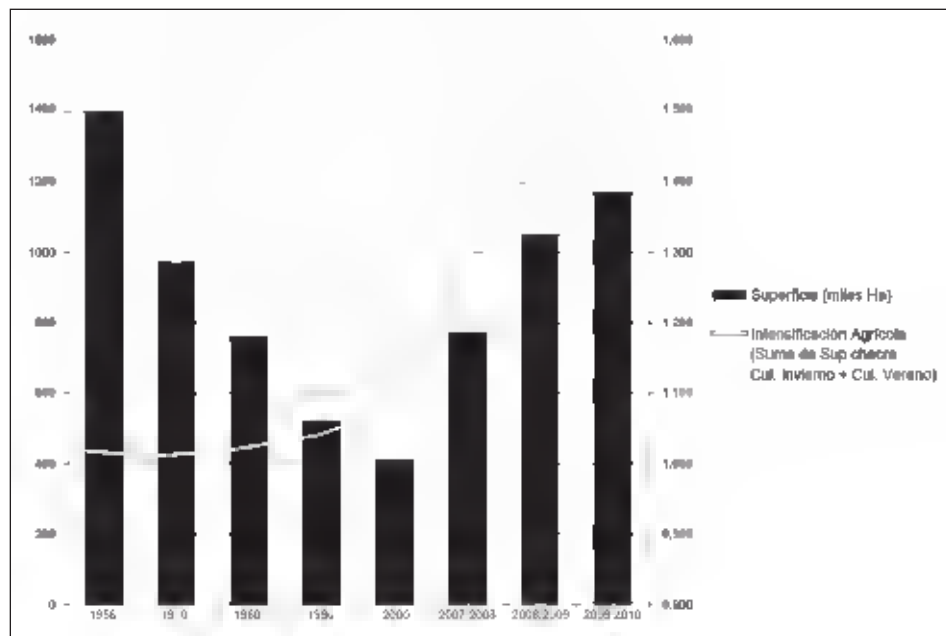
A nivel global, existe un debate sobre el comportamiento de la PPN a escala mundial (Samanta y otros, 2011). Autores como Zhao y Running (2010) reportaron un descenso en la productividad primaria neta a escala planetaria. En contraposición, el estudio realizado por Samanta y otros (2011) critica estos resultados, principalmente a nivel metodológico, indicando que en los sitios de muestreo en los cuales se midió *in situ* la PPN dieron un aumento en contraposición a los datos negativos que indica el modelo de Zhao y Running (2010). A nivel regional diversos autores plantean la existencia de una tendencia a la disminución del NDVI en el bioma pampa (Paruelo, 2004; Zhao y Running, 2010; Samanta y otros, 2011).

En el Uruguay, las dimensiones del cambio ambiental global se están materializando con distintas intensidades. Existe un aumento de la variabilidad espacial y temporal (interanual e intraanual) climática, expresada en un aumento de intensidad de eventos extremos (PNUMA, 2007). La pérdida de

hábitat para biodiversidad ha generado riesgo de extinción para especies de varios grupos taxonómicos tanto animales como vegetales (Soutullo y otros, 2009). El cambio de uso de la tierra ha registrado una importante expansión de la actividad agrícola intensiva (por ejemplo: forestación, soja). Durante los últimos 20 años se han convertido 2.5 millones de hectáreas de campos naturales en cultivos agrícolas y forestales (Paruelo y otros, 2006; Jobbágy y otros, 2006), acompañado de una fuerte intensificación agraria, entendida como la suma de cultivos de invierno y verano sobre la misma superficie de chacra (MGAP, 2010). En el gráfico 5 se aprecia el incremento de la superficie destinada a agricultura y el incremento de la intensificación.

No hay estudios nacionales que analicen la PPN como atributo funcional del sistema ambiental con una serie de datos de 13 años. Sí se reportan trabajos específicos que analizan las fluctuaciones (intraanuales y microescala espacial) de esta variable inherente al funcionamiento del sistema. Indagar si hay una tendencia en PPN permitirá aportar elementos para la discusión de los efectos del cambio en el uso del suelo, intensificación agraria entre otros factores.

Gráfico 5. Evolución de la superficie de chacra y la intensificación agrícola



Fuente: MGAP (2010).

Los procesos mencionados (cambio en el uso del suelo, aumento en la variabilidad espacial y temporal del clima, cambios en la biodiversidad y aumento en la intensificación) actúan como forzantes del sistema y generan amenazas ambientales autoproducidas, y es aquí donde residen las dificultades para enfrentarlas (Cathalifaud, 2003). Las evidencias de estas transformaciones ambientales interpelan a la ciencia y exigen nuevos recursos teóricos, epistemológicos y metodológicos que permitan identificar y explicar las condiciones que conducen a estas respuestas del sistema.

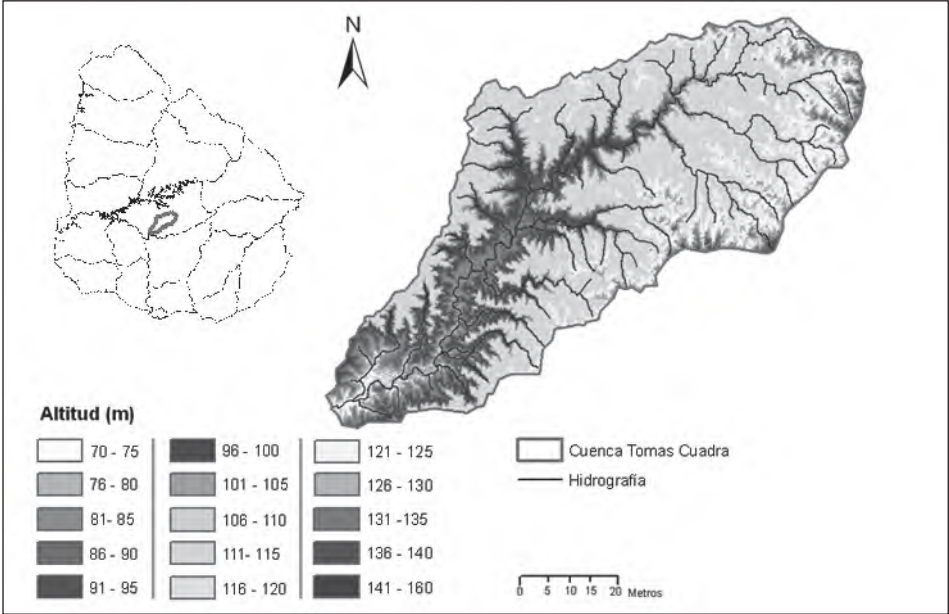
En este sentido, el trabajo se plantea contribuir a la comprensión de los cambios que existen en los territorios agrarios, mediante la exploración de tendencias en parámetros biofísicos de atributos funcionales del sistema a escala cuenca. En este sentido, el objetivo principal es evaluar la evolución de la PPN para un período de 13 años e indagar la posibilidad de esta variable de actuar como indicador biofísico de los cambios ocurridos en el sistema ambiental a escala cuenca, en respuesta a las presiones a las que está sometido, principalmente la intensificación agraria en un contexto de variabilidad climática. En esta primera etapa, se trabajó en el análisis de la PPN utilizando el NDVI como una variable directamente correlacionada con la PPN.

4.2. Metodología

4.2.1. Área de estudio

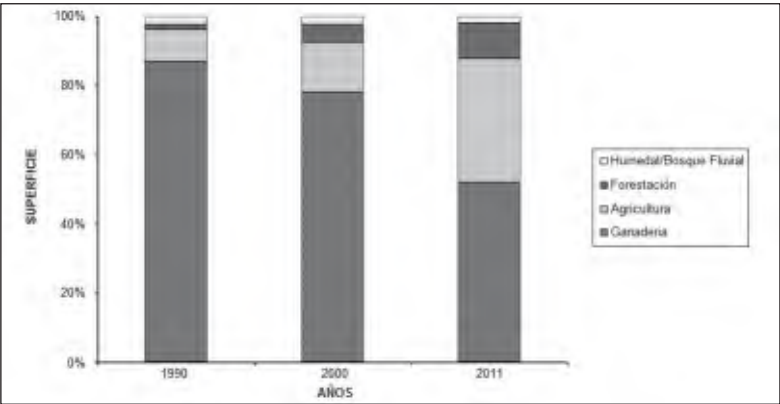
El trabajo se realiza en la cuenca del arroyo Tomás Cuadra, localizada en el departamento de Durazno entre los paralelos 33°10'54'' y 33°23'53''35° de latitud sur y los meridianos 56°24'49'' y 55°48'37'' de longitud oeste, con una superficie de 104.236 hectáreas (gráfico 6). La cuenca se caracteriza por presentar una altura media de 117 metros, una importante diversidad en la génesis y morfología de los suelos, principalmente de textura media a pesada. En relación a la climatología, presenta una precipitación media anual (1980-2009) de 1260 mm y una temperatura media anual de 17.2 °C, para el mismo período. Actualmente, la distribución espacial en los usos de suelo (2011) presenta un 51 % del área bajo ganadería extensiva, un 36 % de agricultura extensiva (soja-trigo), un 11 % del área bajo forestación (pinos y eucaliptos) y un 2 % abarca el humedal y el bosque fluvial.

Gráfico 6. Localización de la cuenca del Arroyo Tomás Cuadra



La cuenca se localiza en un área de frontera agrícola y sufre transformaciones en la cobertura de suelo de manera acelerada, principalmente durante los últimos 10 años, pasando de una superficie de 78,0 % de pastizal destinado a la ganadería en el año 2000, a 51,9 % en el año 2011. Este decrecimiento es producto del aumento de superficie de la agricultura y de la forestación (gráfico 7).

Gráfico 7. Uso del suelo para de la cuenca del arroyo Tomás Cuadra, 1990, 2000 y 2011



Fuente: Landsat 5.

4.2.2. Productividad primaria neta

Para poder evaluar los cambios que ocurren en la PPN se trabajó con el NDVI con estimador directo, definido como:

$$\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R}) \quad (1)$$

Siendo:

IR: valores de radiación de la banda del infrarrojo cercano del espectro electromagnético.

R: valores de radiación de la banda del rojo del espectro electromagnético.

Para el cálculo del NDVI se utilizaron imágenes del programa SPOT. Los satélites SPOT 4 y 5 disponen de un Instrumento Vegetation de baja resolución espacial que registra información en cuatro bandas espectrales (cuadro 3) y permite disponer para cada día de imágenes de 1000 m de resolución para casi la totalidad de la superficie terrestre del planeta. Los productos del sistema SPOT-VGT están disponibles a partir de 1/4/1998.

Cuadro 3. Longitud de onda de las bandas SPOT, Instrumento Vegetation

Bandas	Longitud de Onda (μm)
0-Azul	0,45-0,52
2-Rojo	0,61-0,68
3- IR Cercano	0,78-0,89
4- IR Medio	1,58-1,75

El instrumento Vegetation de SPOT fue creado para ofrecer una fuente de información permanente que permite realizar análisis globales, continentales y regionales y el monitoreo de la vegetación (Achkar, 2005; Carreiras y otros, 2006; Faccio, 2010).

Las principales características que se destacan en sus productos son:

- 1) La sensibilidad del sensor a la actividad fotosintética de las plantas en especial las imágenes NDVI continentales con una frecuencia temporal de 10 días.
- 2) La alta precisión geométrica de los productos que facilita su operabilidad.
- 3) La disponibilidad de productos sistemáticos corregidos para su utilización directa.
- 4) La posibilidad de acceso libre por Internet.

Las imágenes NDVI de SPOT-VGT¹⁵ contienen la información en valores numéricos (DN) con una amplitud de 256 (0 a 255). Estos valores corresponden a una función lineal del NDVI:

$$\text{NDVI} = (a * \text{DN}) + b \quad (2)$$

Siendo:

$$a = 0.004, b = -0.1$$

4.2.3. Procesamiento de las imágenes

Para poder evaluar la productividad primaria neta, se realizaron una serie de etapas mediante los programas ENVI 4.7 y Arc Gis 9.3.

- 1) Selección las imágenes del Satélite SPOT-VGT2-S10, del Programme Vegetation, cada 10 días, desde abril del 1998 hasta abril del 2011, obteniéndose un total de 471 imágenes.
- 2) Conversión del formato Hierarchical Data Format (HDF), al formato IMAGE.
- 3) Georreferenciación de cada una de las imágenes en el sistema de referencia Universal Transversal Mercator (UTM) Zona 21, de forma que fueran compatibles con el resto de la información cartográfica.
- 4) Generación de centroides para píxel.
- 5) Conversión de los valores de cada píxel a cada centroide.
- 6) Elaboración de una grilla de polígonos, en la que cada polígono correspondió a un píxel.
- 7) Conversión de los valores de cada centroide a la grilla de polígonos.
- 8) Selección de los polígonos que pertenecían a la cuenca.
- 9) Aplicación de la fórmula 2 para la conversión a valores de NDVI.

A partir de esta base de datos generada se calculó el NDVI medio mensual, promedio de los tres valores correspondientes a cada mes. De esta forma se tuvo la variación de las medias mensuales del NDVI en el período de 13 años. Esta información se corresponde con la variación de la PPN media de la cuenca, ya que según Paruelo (1997) existe una alta correlación entre estos parámetros, con un correlación que oscila entre 0.89-0.93.

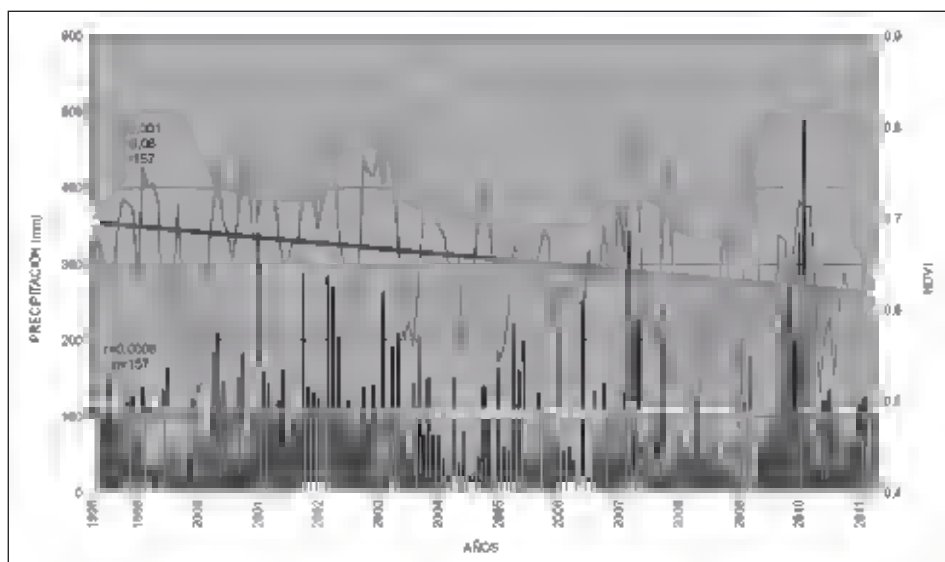
15 Disponible en: <<http://www.spot-vegetation.com>>.

4.3. Resultados y discusión

En un análisis exploratorio del comportamiento de la productividad, se asocia el NDVI en forma grafica con la precipitación acumulada mensual de la estación meteorológica más cercana a la cuenca (Durazno) para el mismo período (gráfico 8). El análisis de correlación entre ambas variables muestra que existe una correlación débil positiva significativa con un $r= 0,32$; $p<0,0001$. Estos resultados son concordantes con lo reportado por otros estudios, en ecosistemas de pastizal, situando a la correlación entre 0,30 y 0,60 (Fang y otros, 2001; Mohamed y otros, 2004; Zhang y otros, 2011).

La correlación débil encontrada $r=0.32$ indica que en términos generales para el período de los 13 años considerados y trabajando con medias mensuales, una tercera parte de la variación de la productividad está explicada por la variación de la precipitación.

Gráfico 8. Distribución de la serie temporal abril 1998-abril 2011 de la media mensual del NDVI para la cuenca del arroyo Tomás Cuadra y de la precipitación acumulada mensual de la estación meteorológica de Durazno



Media mensual del NDVI (línea gris). Precipitación acumulada mensual de la estación meteorológica de Durazno (barras negras). Se asocian las líneas de tendencias lineales del NDVI (línea negra) y de la precipitación (línea blanca).

Ambas variables presentan oscilaciones permanentes. Para el caso de la precipitación el coeficiente de variabilidad es de 74 %, mientras que el NDVI es de 11 %. Estos resultados son esperables por la variabilidad climática de la región y la disponibilidad de agua en los suelos, que permite una mayor

estabilidad en la productividad. Esta diferencia en el comportamiento permite explicar la debilidad de la correlación y tendencia positiva, así como entender que la variación de la PPN es más lenta que la variación de la precipitación; esto refiere a una histéresis diferencial en el tiempo de la PPN, dependiendo de la cantidad de agua acumulada en los períodos anteriores, entre otros factores. Para el NDVI existe una tendencia significativa a la baja ($y = -0,0005x + 0,6954$; $R^2 = 0,097$; $p < 0,001$) mientras que la precipitación no presenta una tendencia significativa en esta serie temporal ($y = -0,0483x + 111,45$; $R^2 = 0,0008$) Estos resultados indican que se deben identificar otros factores que inciden en el comportamiento de la productividad primaria neta, como ser el uso del suelo.

Otro elemento que se observa del gráfico es la recuperación de la PPN luego de los períodos de disminución de la precipitación, pero con tendencias desfasadas en el tiempo, y que este desfasaje entre las curvas es diferencial en el tiempo dependiente de la frecuencia de la precipitación, pero sin significaciones lineales directas, ya que solo una proporción de este comportamiento se explica por la cantidad de precipitaciones, sino que parece más bien vinculada a la distribución temporal de las precipitaciones. Así es posible identificar tendencias en los meses de menor precipitación que posteriormente significan una disminución del NDVI. Mientras para los casos de mayores registros de precipitación el comportamiento es similar, pero no tan marcado. La interacción con otros factores que condicionan la variación de la PPN parecen enmascarar la falta de correlaciones lineales entre estas variables.

Los valores mínimos del NDVI se distribuyen en febrero del 2000 y enero del 2009 con 0.35, mientras que los máximos se ubican en marzo del 2003 y 2007 con 0.83. En relación a la precipitación, los menores registros se concentran en enero del 2000, julio del 2007 y diciembre del 2008, todos por debajo de los 10 mm. Para los valores máximos se destacan: enero 2001, marzo 2007 y enero 2010, con valores cercanos a 350 mm, y febrero 2010, con valores cercanos a los 500 mm.

4.4. Reflexiones finales

Los resultados evidencian que existe una tendencia a la baja en los valores de productividad primaria bruta en la cuenca durante el período 1998-2011. Este comportamiento reafirma las evidencias mostradas en otros estudios: Paruelo (2004), Zhao (2010) y Samanta (2011), que para el bioma pampa muestran una tendencia a la disminución de la PPN. Esta tendencia,

indica que las tasas en el intercambio de flujos de energía y materia de los sistemas ambientales pueden estar sufriendo modificaciones, producto de alguna o de la combinación de las forzantes del sistema.

De acuerdo a los resultados obtenidos, que mostraron una correlación débil entre la PPN y las precipitaciones, no es posible afirmar que existe una causalidad simple que explique el comportamiento de la PPN, y aunque se identifica que existe una respuesta parcial en su comportamiento, atribuible a las variaciones en las precipitaciones, hay otros factores que inciden en estas tendencias.

Ambos parámetros presentan variabilidad en la serie analizada: la precipitación con una alta variabilidad característica de las condiciones climáticas del Uruguay; la PPN presenta menor variabilidad y una tendencia a la baja que en principio responde a un proceso más complejo que la relación lineal con las precipitaciones. Una línea posible de interpretación de esta variabilidad es la vinculación de estas variables con los cambios en el uso del suelo que se han registrado en la cuenca en la última década (gráfico 7). Esta nueva hipótesis de trabajo implica el desarrollo de estudios en profundidad con distintos cortes espaciales y temporales, que seguramente van a permitir una mejor aproximación a la interpretación del comportamiento del sistema. La integración en el análisis de otras variables que pueden estar condicionando los resultados obtenidos permitirá avanzar en un modelo interpretativo.

En principio se puede interpretar que las variaciones identificadas (valores extremos) del sistema generan una rápida respuesta posterior de la PPN cercana a sus valores medios. En este sentido, se puede establecer que el sistema ambiental-cuenca responde y se recompone frente a las oscilaciones. Esta respuesta podría estar relacionada con el incremento de la precipitación en un período de tiempo anterior de la caída, pero ello depende de la intensidad del estrés hídrico previo. Por lo tanto, es importante considerar como limitación a esta línea interpretativa y quizás como el resultado más importante que la tendencia general de la productividad es decreciente, lo que puede estar indicando un cambio a futuro o al menos interacciones entre varios factores que condicionan esta situación.

La importancia de las transformaciones en el uso del suelo parece contribuir con las explicaciones del comportamiento de los sistemas ambientales. Si a esta situación se le suma que existe un contexto de aumento de la variabilidad climática, en un contexto de cambio global, surge la pregunta: ¿qué capacidad de respuesta presentan los sistemas ambientales en estos contextos de alta variabilidad?

Bibliografía

ACHKAR, M. (2005): Evaluación de la distribución de la materia orgánica del horizonte superficial del suelo mediante el uso de imágenes satelitales. Aplicación de metodología SIG: caso, cuenca del arroyo Sánchez-Uruguay. Tesis Doctorado en Ciencias Ambientales, Escuela Nacional de Ciencias Agrarias (ENSAT), Toulouse.

BOADA, M. y SAURI, D. (2003): «El cambio global», *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad, n.º 427: 52-65.

CATHALIFAUD, A. M. (2003): «Autoproducción de las amenaza ambiental en la sociedad contemporánea», *Revista Mad*, nº 9: 123-135.

CARREIRAS, J. M.; PEREIRA, J. M.; SHIMABUKURO, Y. E. (2006): *Lands-cover Mapping in the Brazilian Amazon Using SPOT-4 Vegetation Data and Machine Learning Classification Methods*, Remoting SPOT .

CHAPIN, F. S.; WALKER, B. H.; HOBBS, R. J.; HOPER, D. U.; LAWTON, J. H.; SALA, O. E. y TILMAN, D. (1997): «Biotic control over the functioning of ecosystems», *Science*, nº 277: 500-504.

FANG, J.; PIAO, S.; TANG, Z. (2001): «Interannual Variability in Net Primary Production and Precipitation», *Science*, nº 293: 1723^a.

FACCIO, C. (2010): *Evaluación de la variación espacio temporal de la producción de biomasa en humedales mediante el uso de sensores remotos Santa Teresa-Rocha-Uruguay*. Tesis Licenciatura en Geografía, Facultad de Ciencias, UDELAR, Montevideo.

FOLEY, J. A.; DE FRIES, R.; ASNER, P. G.; BARFORD, C.; BONAN, G.; STEPHEN, R.; STUART, F.; COE, M.; DAILY, G.; GIBBS, H.; HELKOWSKI, J.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.; KUCHARIK, C.; MONFREDA, C.; PATZ, J.; PRENTICE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. (2005): «Global consequences of Land Use», *Science*, n.º 309: 570-573.

IPCC (2007): *Cambio climático 2007. Informe de síntesis (AR4)* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Universidad de Cambridge, Estados Unidos, 104 p.

JOBBÁGY, E. G.; VASALLO, M.; FARLEY, K. A.; PIÑEIRO, G.; GARBULSKY, M. F.; NOSETTO, M. D.; JACKSON, R. B. y PARUELO, J. M. (2006): «Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y sus costos ecológicos», *Agrociencia*, n.º 10: 109-124.

LAWTON, J. H.; MAY, R. M. (1995): *Extinction rate*, University Press, Oxford.

MILCHUNAS, D. G.; LAUENROTH, W. K. (1995): «Inertia in plant community structure: state changes after cessation of nutrient enrichment stress», *Ecol. Appl.*, n.º 5: 1996-2005.

MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA y PESCA (2010): Anuario Estadístico 2010. Disponible en: < <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;> > [Acceso agosto 2011].

MOHAMED, M. A.; BABIKER, I. S.; CHEN, Z. M.; IKEDA, K.; OHTA, K.; KATO, K. (2004): «The role of climate variability in the inter-annual variation of terrestrial net primary production (NPP)», *Science of the Total Environment*, n.º 332: 123-137.

ODUM, E. P. (1960): «Organic production and turnover in old field succession», *Ecology*, n.º 41: 34-49.

PARUELO, J. M.; EPSTEIN, H. E.; LAUENROTH, W. K.; BURKE, I. C. (1997): «ANPP estimates from NDVI for the central grassland region of the United States», *Ecology*, n.º 78: 953-958.

PARUELO, J. M.; GARBULSKY, M. F.; GUERSCHMAN, J. P.; JOBBÁGY, E. G. (2004): «Two decades of Normalized Difference Vegetation Index changes in South America: identifying the imprint of global change», *International Journal of Remote Sensing*, n.º 25: 2793-2806.

PARUELO, J. M.; GUERSCHMAN, J. P.; PIÑEIRO, G.; JOBBÁGY, E. G.; VERÓN, S. R.; BALDE, G. y BAEZA, S. (2006): «Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis», *Agrociencia*, n.º 10: 47-61.

PIMM, S. L. y ASKINS, R. A. (1995): «Forest losses predict bird extinctions in Eastern North America», *Proc. Natl Acad. Sci.*, n.º 92: 9343-9347.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (2007): *Uruguay: El cambio climático aquí y ahora*, Montevideo, 36 p.

SALA, O. E.; CHAPIN F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, R.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; POFF, N. L.; SYKES, M. T.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. H. (2000): «Global biodiversity scenarios for the year 2100», *Science*, n.º 287: 1770-1774.

SAMANTA, A.; COSTA, M. H.; NUNES, E. L.; VIEIRA, S. A.; XU, L.; MYNENI, R. B. (2011): «Comment on "Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 200 Through 2009"», *Science*, n.º 333: 1093-1094.

SOUTULLO, A.; ALONSO, E.; ARRIETA, D.; BEYHAUT, S.; CLAVIJO, C.; CRAVINO, J.; DELFINO, L.; FABIAO, G.; FAGUNDEZ, C.; HARETCHE, F.; MARCHESI, E.; PASSADORE, C.; RIVAS, M.; SCARABINO, F.; SOSA, B.; VIDAL, N. (2009): *Especies prioritarias para la conservación en Uruguay*. Inédito.

TUCKER, C. J.; SELLERS, P. J. (1986): «Satellite remote sensing of primary production», *International Journal of Remote Sensing*, n.º 7: 1395-1416.

VEGETATION PROGRAMME (2011) [Internet]. Disponible en: <<http://www.spot-vegetation.com>> [Acceso marzo 2011]

VITOUSEK, P. (1994): «Beyond Global Warning: Ecology and Global Change», *Ecology*, n.º 75 (7): 1891-1876.

WHITTAKER, R. H.; LIKENS, G. E. (1973): «Primary production: the biosphere and man», *Human Ecology*, n.º 1: 357-369.

WILSON, E. O. (1992): *The Diversity of Life*. Belknap, Cambridge, Massachusetts.

ZHANG, G.; KANG, Y.; HAN, G.; SAKURAI, K. (2011): «Effect of climate change over the past half century on the distribution, extent and NPP of ecosystems of Inner Mongolia», *Global Change Biology*, n.º 17(1): 377-389.

ZHAO, M.; RUNNING, S. W. (2010): «Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009», *Science*, n.º 329: 940-942.

Capítulo 5

Análisis de la variabilidad climática a través de índices bioclimáticos y sus impactos sobre la vid (*Vitis vinifera* L. cv. Tannat) en el sur de Uruguay

Mercedes Fourment,¹⁶ Milka Ferrer¹⁷ y Hervé Quénol¹⁸

Resumen:

Este trabajo se enmarca en los resultados de la tesis de maestría titulada *Effet du changement climatique sur la vigne dans l'Uruguay* (Master Vigne et Terroir. Université de Bourgogne, 2011).

Es conocido el hecho de que las plantas responden a las condiciones climáticas del año. La vid es particularmente sensible a las temperaturas diurnas y nocturnas, así como al régimen hídrico que se expresa en la respuesta de la planta: variación en la duración de los estados fenológicos como la maduración, composición de la uva o en su sanidad. El objetivo de este estudio es mostrar, a través de la evolución de índices bioclimáticos adaptados a la vid, la variabilidad climática y, para los últimos quince años, analizar la respuesta del cultivo al clima. Se presentan resultados provenientes de una serie de quince años de parcelas de experimentación de la variedad Tannat

16 Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay. Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática. Espacio Interdisciplinario. UDELAR. Uruguay.

17 Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía. UDELAR. Uruguay.

18 Laboratoire COSTEL UMR6554 LETG-CNRS. Université de Rennes 2. Francia.

de viñedos implantados en el sur del Uruguay y se relacionan los factores del clima con la respuesta de la planta.

Palabras claves: vid, variabilidad climática, cambio climático.

5.1. Introducción

Las modificaciones comunicadas como consecuencia del cambio climático son sobre la componente térmica y variaciones en el régimen hídrico. Estos cambios traen consecuencias en la vid, que comienzan a ser bien conocidos a nivel mundial. En cuanto a la componente térmica, su impacto en los últimos años tiene una influencia sobre el ciclo fenológico (Duchêne y Schneider, 2005) y sobre la síntesis de los componentes principales de la baya: modificación de la acumulación de azúcares (Lebon, 2002; Bonnardot y Carey, 2007), reducción de la acidez y aumento de pH (Duchêne y Schneider, 2005; Jones y otros, 2005). Esto influye sobre la adaptación de las variedades a una determinada zona de producción (Schultz, 2000).

En cuanto a las variaciones del régimen hídrico, se constata un aumento de la eficiencia de la utilización del agua (un 10 % de aumento), que recae sobre una reducción de la conductividad estomática (Seguin y García de Cortázar, 2004). En el caso de la vid, el régimen hídrico juega un rol esencial sobre el desarrollo vegetativo y sobre la maduración de la baya, que es favorecida por las condiciones de estrés hídrico moderado.

En Uruguay, la situación sobre los impactos del cambio climático en la agricultura no es aún muy conocida. El sector agropecuario se preocupa cada vez más sobre los posibles efectos negativos del cambio climático y sus impactos en la producción. Los estudios existentes en viticultura son pocos y aún superficiales.

El objetivo de este estudio es mostrar de qué manera se comportó la vid en los últimos años, según las diferentes condiciones de variabilidad climática dentro del contexto de cambio climático en el sur de Uruguay (34° HS).

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Ubicación del ensayo y material vegetal

La información se obtuvo de tres parcelas de viñedos comerciales de la variedad Tannat injertada sobre SO4, conducidas en espaldera y con poda Guyot, ubicadas en el departamento de Canelones (63,8 % de la superficie total de viñedos de Uruguay; INAVI, 2010). El clima vitícola de esta región es clasificado como $IS_{A1}IH_{A4}IF_{A2}$, es decir, clima con sequía moderada, templado

cálido, con noches templadas, según la «Clasificación climática multicriterios» (Tonietto y Carbonneau, 2004; Ferrer, 2007). Los datos utilizados provienen de ensayos de investigación de la Facultad de Agronomía, realizados en el período 1994-2009.

5.2.2. Fenología y respuesta de la planta

Se determinaron la fecha de envero (día juliano 50 % envero) y fecha cosecha (día juliano primera cosecha). La fecha de cosecha es definida por el conjunto de componentes de la baya: el pH, la acidez total y los azúcares reductores. También se midió el estado de hidratación de la planta, determinado por la medida del potencial hídrico foliar de base (Bars) por el método de la cámara de presión de Scholander y otros (1965). La medida es realizada en 10 hojas adultas, sanas y enteras, tomadas antes del amanecer (entre 4 h. y 6 h.).

5.2.3. Composición de la baya en cosecha

Cuando se alcanzan las condiciones de madurez tecnológica, bajo los mismos criterios todos los años, se realiza un muestreo de 250 granos (según metodología de Carbonneau y otros, 1991). Sobre ese muestreo se mide peso de bayas (g), azúcares totales por refractometría (gr/l), acidez total por titulación ($\text{mgH}_2\text{SO}_4/\text{l}$) y el pH por tensiometría, según protocolos de l'O.I.V. (1990).

5.2.4. Datos climáticos

Se tomaron la base de datos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, Lat. 34°40', Long. 56°20'), situada en el sur de Uruguay conforme a las normas de la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Se tomaron dos escalas temporales: 36 años y 15 años. Las variables diarias estudiadas son: temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), precipitaciones (mm) y evapotranspiración potencial de Penman-Monteith (mm).

5.2.5. Cálculo de los índices bioclimáticos

El estudio propone detectar las variaciones climáticas utilizando los índices bioclimáticos adaptados a la vid, según el sistema de «Clasificación climática multicriterios» (Tonietto, 1999; Tonietto y Carbonneau, 2004; Ferrer, 2007). Los índices son: heliotérmico (Huglin, 1978), de frescor de noches (Tonietto 1999) y de sequía (Riou, 1994) (cuadro 4).

El cálculo del índice heliotérmico (IH) es efectuado sobre el período comprendido entre el 1 setiembre al 28 febrero de 1973 al 2009. Para calcular el índice de frescor de noches (IF) se considera la temperatura mínima del aire del mes de febrero (hemisferio sur). El índice de sequía (IS) es un cálculo de balance hídrico que tiene en cuenta la capacidad de reserva hídrica del suelo (200 mm) y el kc del cultivo utilizado por Tonietto (1999). En este trabajo este índice es calculado con el valor real de la reserva útil del suelo vitícola predominante en la región (136,7 mm para W_0), determinado por Molfino y Califfra (2004). El cálculo de IS se efectúa para el período comprendido entre el 1 de setiembre al 28 de febrero.

5.2.6. Análisis estadísticos

Los análisis de varianza son realizados para las variables climáticas y fisiológicas de la vid, seguidas de separaciones de medias por el test de Tukey, con un riesgo de error de 5 %. Se utiliza el programa INFOSTAT® versión profesional (Córdoba, Argentina, 2009).

Cuadro 4. Índices bioclimáticos adaptados a la vid, ecuación de cálculo y categorías de clasificación

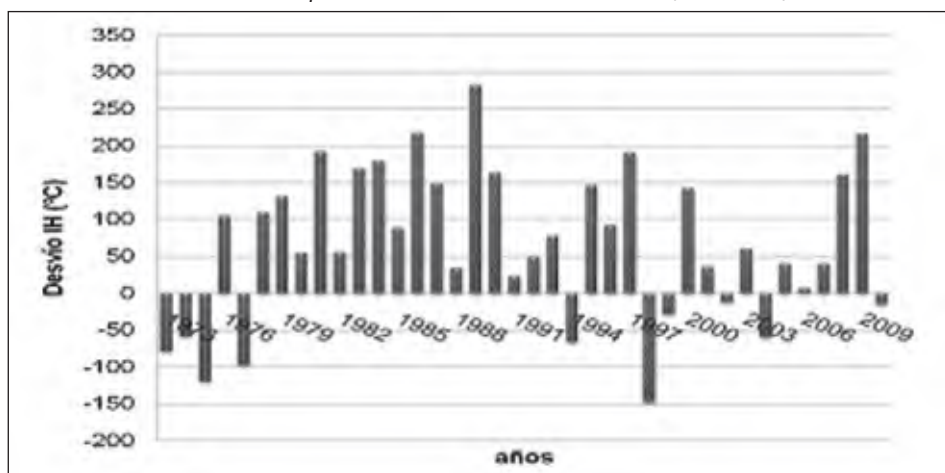
Índices bioclimáticos	Ecuación	Categorías
IH	$IH = \sum \{ (T_{med} - 10 + (T_{Max} - 10)) / 2 \cdot k$ <p>K = coeficiente de largo del día</p>	<p>Muy muy frío $IH_0 < 1200$ Muy frío $IH_1 = 1200 - 1500$ Frío $IH_2 = 1500 - 1800$ Templado $IH_3 = 1800 - 2100$ Templado Cálido $IH_4 = 2100 - 2400$ Cálido $IH_5 = 2400 - 2700$ Muy cálido $IH_6 = 2700 - 3000$ Muy muy cálido $IH_7 > 3000$</p>
IF	IF = Tmin promedio Febrero	<p>Noches muy frescas I $F4 \leq 11.9$ Noches frescas I $F3 \geq 12 \leq 13.9$ Noches templadas I $F2 \geq 14 \leq 17.9$ Noches calurosas I $F1 \geq 18$</p>
IS	$IS = W = W_0 + P - T_v - E_s$ <p>Donde: W = estimación de la reserva hídrica del suelo en un período dado, W_0 = reserva hídrica inicial útil del suelo, explorable por las raíces, P = pluviometría, T_v = transpiración potencial de la vid, E_s = Evaporación directa a partir del suelo. T_v y E_s se calculan, mes a mes, por: $T_v = ETP \cdot k$ Donde: ETP = evapotranspiración potencial (total mensual), calculado por el método de Penman; k = Coeficiente de absorción de radiación por la vegetación.</p> $E_s = JP/N \cdot (1-k)ETP JP_m$ <p>Donde: JP_m = número de días por mes donde la evaporación a partir del suelo es efectiva (JP_m = pluviometría acumulada en mm/5 ($JP_m \leq$ número de días del mes); N = número de días del mes.</p>	<p>Sequía muy fuerte $IS3 \leq -201$ Sequía fuerte $IS2 \leq -101 > -200$ Sequía moderada $IS1 \leq 50 > -100$ Subhúmedo $IS0 \leq 151 > 51$ Húmedo $IS00 > 150$</p>

5.3. Resultados y discusión

5.3.1. Variabilidad climática. Evolución de los bioíndices

El IH clasifica a la región sur de Uruguay en clima templado. El IH acusa un aumento de 3,7 % entre los años 1973 y 2009 (media a partir de los desvíos estándar). En esta estación meteorológica se pasa de un tipo climático templado al tipo templado-cálido.

Gráfico 9. Variabilidad temporal del IE. Desvíos de la media (IH 2089,6), 1972-2009



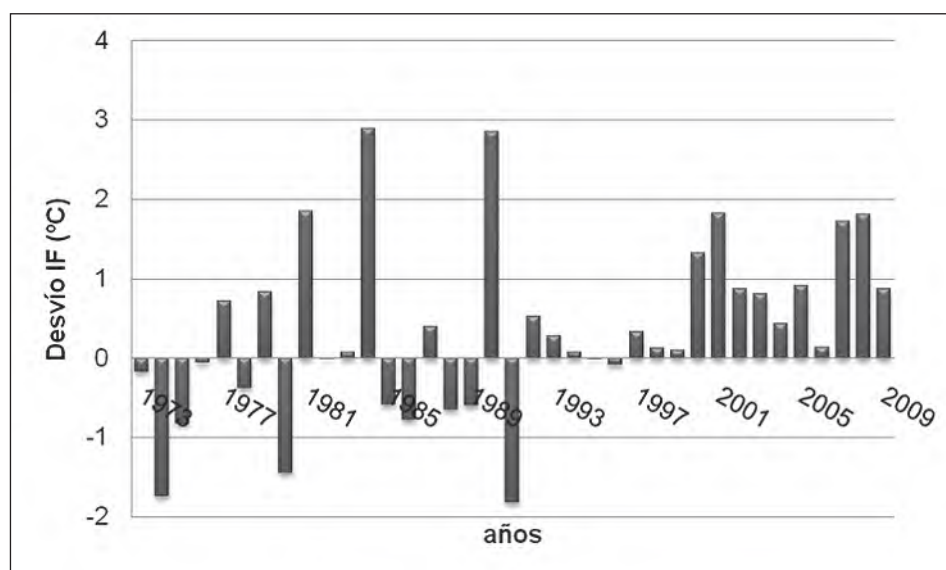
Un aumento del IH implica un aumento en la síntesis de azúcares reductores debido al incremento de la actividad fotosintética. Al norte de Uruguay (IH medio 2651 °C, tipo climático cálido), las condiciones son más cálidas que en el sur, lo que se traduce en una composición de la baya en cosecha diferente entre las dos zonas (Ferrer y otros, 2011). En la medida que las condiciones se orientan a un clima más cálido, es posible que las del sur del país se parezcan en un futuro próximo a aquellas que se presentan actualmente en el norte. Este análisis del IH muestra una tendencia a rebasar los límites de adaptación de variedades a otras zonas climáticas de producción. Este último punto nos interpela sobre el posible desplazamiento de zonas actuales de distribución de variedades (Schultz, 2000).

La media del IF para este período es de 17,5 °C. La variabilidad temporal del IF muestra un aumento de 0,01 °C en relación a la estación meteorológica de referencia (promedio a partir de los desvíos estándar). Este aumento no es suficiente como para inferir con los resultados de varios autores sobre el aumento de la temperatura mínima media anual de 1º a 2º C (Giménez y

Lanfranco, 2009). En promedio, el IF indica que se mantiene el tipo de clima de noches templadas. Sin embargo, se observa que en los últimos 17 años, las condiciones son más calurosas que la media (gráfico 10).

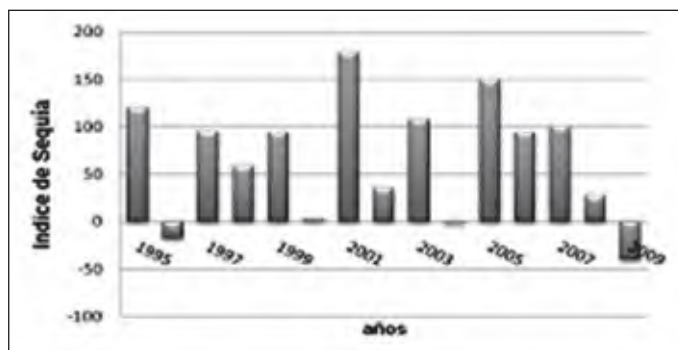
El aumento de la temperatura nocturna podría acarrear una pérdida de potencial cualitativo en cosecha: menor potencial aromático, disminución de la acidez, aumento del tenor en azúcares reductores, alteración en la producción de polifenoles (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005).

Gráfico 10. Variabilidad temporal del IF. Desvíos con respecto a la media (IF 17,5°C), 1972-2009



El conjunto de resultados concernientes a la temperatura nos permite reflexionar sobre las comunicaciones de varios autores que consideran que la tipicidad de los vinos podría modificarse a causa del aumento en la frecuencia de episodios de altas temperaturas, e igualmente a causa del aumento de las temperaturas mínimas, así como un posible efecto negativo sobre la composición de los mostos (Lebon, 2002; Jones y otros, 2005).

La evolución del IS en la estación meteorológica analizada muestra una fuerte variación, con años de sequía moderada (1996, 2000, 2004, 2008 y 2009) y años húmedos (2001 y 2005) (gráfico 11).

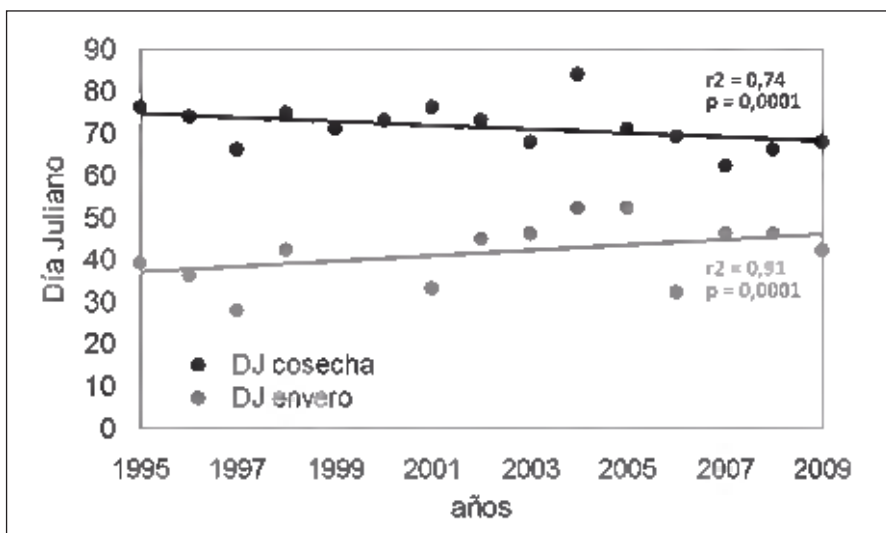
Gráfico 11. Evolución del IS en la estación de referencia, 1994-2009

El régimen hídrico juega un rol esencial en el desarrollo vegetativo y sobre la maduración de las uvas, que es favorecida por condiciones de estrés hídrico moderado (Carbonneau, 2004). Se puede observar que el IS es el más variable en todo el ciclo, lo que podría revelar que es el índice que penaliza más a la composición final de la uva.

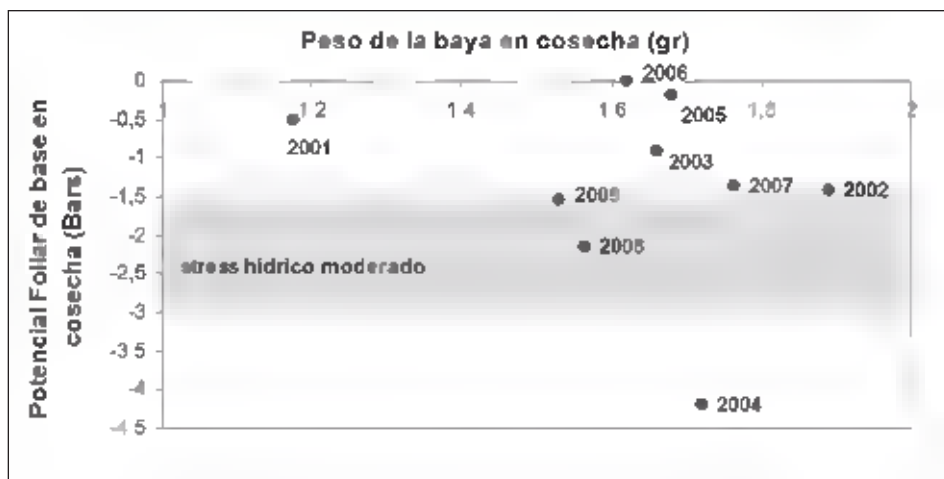
5.4. Componente planta

Cuando se analiza la fenología, se observa que el 2004 es un año atípico, con cosecha muy tardía y donde se registra el ciclo más largo. Dicho año es clasificado según el IH en templado y según el IS con sequía moderada. El estrés hídrico en cosecha es muy marcado (ver potencial de base en gráfico 13). Por otro lado, 2007 presenta la fecha de cosecha más precoz y el período de maduración significativamente más corto. Ese año el IF es muy elevado, lo que se traduce en condiciones más calurosas durante el verano y, en consecuencia, un proceso de maduración más rápido. Un período de maduración más corto tiene la ventaja de disminuir la exposición a las precipitaciones y, por consecuencia, la incidencia de podredumbres. En contraposición, la composición de las bayas puede presentar alteraciones o problemas ligados a la síntesis de los diferentes componentes en condiciones más cálidas.

El gráfico 12 presenta el desplazamiento fenológico observado sobre la etapa de estudio, con un período de maduración más corto y adelanto de la cosecha, tal como indican varios autores (Seguin y García de Cortázar, 2005).

Gráfico 12. Fechas de envero y de cosecha expresadas en días julianos

El peso de la baya es una variable muy dependiente del estado hídrico, que puede relacionarse con el potencial foliar de base en cosecha, ya que esta es una medida indirecta del estatus hídrico de la planta (VanLeeuwen y Vivin, 2008). Para la mayoría de los años no se registra limitante hídrica. Solo dos años presentan un estrés hídrico moderado, que pudo influir en favorecer la composición de la baya por concentración, sobre todo en azúcares (Ojeda y otros, 2008) (gráfico 13).

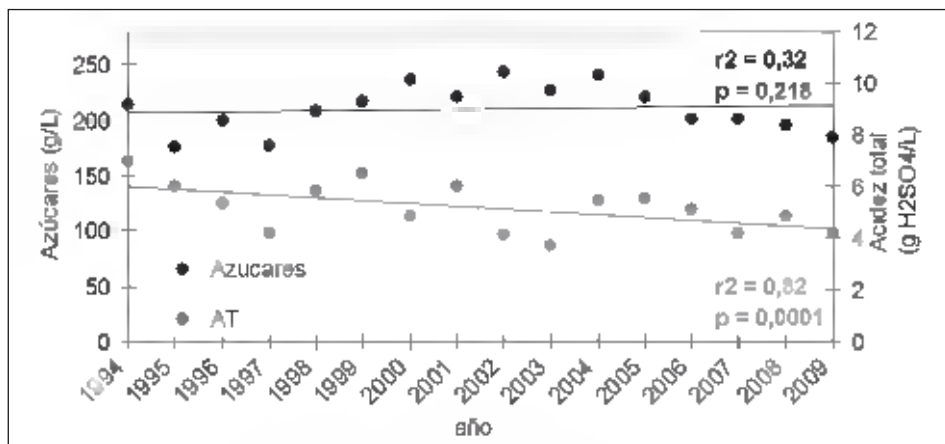
Gráfico 13. Peso de la baya en cosecha (g) y potencial foliar de base (Bars) en cosecha, 2001-2009

El efecto de concentración por pérdida de agua de la baya (Ojeda y otros, 2008) es evidente en estos resultados. El peso de la baya en cosecha es, en promedio y para los 10 años de estudio, de 1,56 g, siendo menor que el valor de 1,83 g reportado para esta variedad por González-Néves (2005) dentro del mismo período de años. 2004 muestra un estrés hídrico severo debido a una limitante hídrica muy cercana a cosecha.

Al analizar la composición de los metabolitos primarios de la baya en cosecha, se observa que la evolución de los contenidos en azúcares y de acidez total presenta diferencias en función del año (gráfico 14). Los azúcares tienen una tendencia a la baja en los últimos cinco años. Este resultado no concuerda con varios autores que suponen un aumento general y continuo de este compuesto (Duchêne y Schneider, 2005; García de Cortázar, 2006) por una mayor fotosíntesis. El máximo de contenido en azúcares es registrado en el 2002, año caracterizado por condiciones térmicas templadas con noches templadas. Por otra parte, la acidez total tiene tendencia a disminuir, concordando con los resultados de varios autores (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005).

La acidez total varía inversamente al contenido en azúcares. Los contenidos en acidez más bajos (diferenciados por Tukey al 5 %) son aquellos de los años 1997, 2002, 2003 y 2009 (4,08 gH₂SO₄/l) que corresponden, con excepción del 2002, al grupo de años más calurosos de la serie. Los valores del pH por comparación a la acidez total parecen mostrar diferencias en la proporción de los ácidos, es decir tartárico y málico (González-Neves, 2005) (gráfico 14). Los pH elevados, como en 1994 y 2003, no son *a priori* favorables para una vinificación en tinto.

Gráfico 14. Evolución de los contenidos en azúcares y de acidez total en cosecha



El aumento del pH encontrado en otros trabajos (Duchêne y Schneider, 2005; Jones y otros, 2005) no es demostrado en este estudio, sobre todo debido a que el pH es uno de los principales parámetros de decisión de cosecha y, por lo tanto, medianamente constante cada año. Su evolución no es significativa ($r^2 = 0.546$).

5.5. Conclusiones

Nos pudimos acercar a posibles impactos de la vid a la variabilidad climática en el contexto del cambio climático. Se muestra que existe un desplazamiento fenológico y un acortamiento del período de maduración, que conlleva como consecuencia previsible la alteración de la composición de las bayas debido a la elaboración y síntesis de metabolitos en condiciones térmicas desfavorables. Sobre la composición de la baya en cosecha, las tendencias para los diferentes componentes no son muy claras. Se observa una disminución de la acidez total. También se constata la mediocre cualidad de racimos cuando son elevadas las temperaturas durante la maduración.

Bibliografía

BONNARDOT, V. y CAREY, A. (2007): «Climate change: observed trends, simulations, impacts and response strategy for the South African vineyards», *Proceedings Réchauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles?*, Bourgogne, France. 13 p.

CARBONNEAU, A.; MOUEIX, A.; LECLAIR, N.; RENOUX, J. (1991): « Proposition d'une méthode de prélèvement de raisin à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep», *Bull. OIV 727/728*: 679-690.

CARBONNEAU, A. (2004): «Climat du vignoble et raisonnement de l'irrigation et de la conduite». Mondavi. Bordeaux, France, 109-126.

COOMBE B. G., (1987): «Influence of temperature on composition and quality of grapes», *Acta Hort*, 206: 23-33.

DUCHÊNE, E. y SCHNEIDER, C. (2005): «Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace», *Agron. Sustain. Dev.*, 25: 93-99.

FERRER, M. (2007): *Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot*. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique-Université de Montpellier II. France. 360 p.

FERRER, M.; GONZÁLEZ-NEVES, G.; ECHEVERRÍA, G.; CAMUSSI, G.; AVONDET, R.; SALVARREY, J.; Favre, G.; FOURMENT, M. (2011): «Comportamiento agronómico y potencial enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas», *Revista Agrociencia*, 15(1): 37-49.

GARCÍA DE CORTÁZAR, I. (2006): *Adaptation du modèle STICS à la vigne (Vitis vinífera L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact sur le changement climatique à l'échelle de la France*. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique-Université de Montpellier II. France. 349 p.

GIMÉNEZ, A. y LANFRANCO, B. (2009): «Vulnerabilidad al Cambio Climático de los Sistemas de Producción Agrícola en América Latina y el Caribe: Desarrollo de Respuestas y Estrategias». *Capítulo Uruguay informe final INIA*. 102 p.

GONZÁLEZ-NEVES, G. (2005): *Étude de la composition polyphénolique des raisins et de vins des cépages Merlot, Cabernet Sauvignon et Tannat provenant de vignes conduites en lyre et en espalier dans le sud de l'Uruguay*. Thèse de Doctorat ENSA Montpellier, France. 279 p.

HUGLIN P. (1978): «Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole», *Comptes Rendues de l'Académie d'Agriculture*, 1117-1126.

HUGLIN, P. y SCHNEIDER, C. (1998): *Biology et ecology de la vigne*. Lavoiser. Paris, France. 370 p.

INAVI (2010): *Estadísticas de los viñedos*, Instituto Nacional de Vitivinicultura. Disponible en: <www.inavi.com.uy>.

JONES, G. V.; DUCHÊNE, E.; TOMASI, D.; YUSTE, J.; BRASLAVSKA, O.; SCHULTZ, H.; MARTÍNEZ, C.; BOSO, S.; LANGELLIER, F.; PERRUCHOT, C.; GUIMBERTAU, G. (2005): «Changes in european winegrape phenology and relationships with climate», *GESCO 2005*. Allemagne. vol. 1: 55-62.

LEBON, E. (2002): «Changements climatiques: quelles conséquences prévisibles sur la viticulture ?», 6èmes Rencontres Rhodaniennes. Ed. Inst. Rhodanien. Orange, France. 31-36 pp.

LEBON, E.; DUMAS, V.; PIERI, P.; SCHULTZ, H. (2004): «Modeling the seasonal dynamics of the soil water balance of vineyards», *Functional Plant Biology*, 30: 699-710.

MOLFINO, J. H. y CALIFRA, A. (2004): *Evaluación del drenaje natural de las tierras del Uruguay (Primera aproximación)*, Departamento Estudios Básicos de Suelos y Evaluación de Tierras, DSA/RENARE/MGAP.

OIV (1990): *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts*. Office International de la Vigne et du Vin. Paris.

OJEDA, H.; DELOIRE, A.; WHANG, Z.; CARBONNEAU, A. (2008): «Determinación y control del estado hídrico de la vid», *Revista Enología*, n.º 6, año 6.

RIOU, C. (1994): *Le déterminisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne*. Luxembourg Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. 322 p.

RIOU, C.; PAYAN, J. (2001): «Outils de gestion de l'eau en vignoble méditerranéen. Application du bilan hydrique au diagnostique du stress hydrique de la vigne». C. R. XII GESCO, Montpellier-France. 125-133.

SCHOLANDER, P.; HAMMEL, H.; BRANSTREET, E.; HAMMINGSEN, E. (1965): «Sap pressure in vascular plant», *Sciences*, 148: 339-346.

SCHULTZ, H.R. (2000): «Climate change and viticulture: European perspective climatology, carbon dioxide and UV-B effects», *Aust. J. Grape And Wine Res.*, 1: 8-12.

SEGUIN, B. (2003): «Adaptation des systèmes de production agricole au changement climatique», *C. R. Geoscience*, 335: 569-575.

SEGUIN, B. y GARCÍA DE CORTÁZAR, I. (2005): «Climate warming: consequences for viticulture and the notion of terroirs», *Acta Hort* 689: VII Inter Symp on Grapevine Physil and Biotechnology. 61-71.

TONIETTO, J. (1999): *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France*. Tesis de Doctorado ENSA Montpellier. 233 p.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. (2004): «A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide», *Agric. Fort. Meto*, 124: 81-97.

VANLEEUEWEN, C.; VIVIN, Ph. (2008): «Alimentation hydrique de la vigne et qualité des raisins», *Innovations agronomiques*, 2: 159-167.

Capítulo 6

Del cielo a la Tierra: percepción ambiental de la ganadería

María Fernanda de Torres Álvarez¹⁹ y Diego Piñeiro²⁰

Resumen:

Este trabajo se enmarca en la tesis de maestría en Sociología *Guardianes de la Pradera: el origen de la legitimidad de la ganadería* aún por defender, con la tutoría de Diego Piñeiro en la Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR.

En este trabajo se presenta una discusión con dos tradiciones intelectuales —la ingeniería agronómica y la sociología rural— en la interpretación y explicación de la ganadería extensiva en Uruguay, a partir de datos empíricos producidos en una etnografía y entrevistas en la región de basalto superficial y medio del país. El trabajo presenta brevemente el devenir histórico de la relación entre la ganadería y la modernidad; luego se discuten los conceptos de paisaje, territorio y atmósfera para determinar instrumental teórico adecuado para el trabajo de campo. Finalmente despliego, junto con los hombres de la ganadería entre quienes estudié, el modo en que perciben la atmósfera, las pasturas, el ganado y el clima. Las conclusiones cierran en un giro en la comprensión de la ganadería extensiva.

Palabras claves: atmósfera, ganadería, percepción ambiental.

19 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Núcleo de Estudios Sociales Agrarios, Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR, Uruguay.

20 Núcleo de Estudios Sociales Agrarios, Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR.

6.1. Introducción

Aunque la ganadería extensiva es el rasgo más durable²¹ de la ruralidad del país, su estudio es poco frecuentado, en parte debido a cierres conceptuales prematuros realizados desde la economía, la historia y la sociología, sobre medidas técnicas de origen agronómico. La «bendición diabólica de lo fácil» (Barrán, 2007) quizás pueda ser la frase que mejor caracteriza el tratamiento más visitado de las ciencias sociales sobre ganadería. El sustrato de los pastizales dispuestos a la ganadería consolidaría una *civilización ganadera* que caracterizó el ritmo del devenir nacional por ciclos productivos²² (Moraes, 2001). Las interpretaciones más comunes sobre la racionalidad de los productores ganaderos las distingue entre: atrasado, precapitalista, tradicional, rutinario; así como la identificación de los pastizales como espacios potenciales de progreso, innovación y capitalismo. Moraes (2001 y 2008) es la primera, sin castigar *a priori* a la ganadería, en introducir la hipótesis de distintas estrategias de adaptación a las condiciones ambientales, demográficas y geográficas para obtener rentabilidad haciendo ganadería. En este trabajo se presenta una discusión desde la percepción del ambiente que abre aquel cierre prematuro y redistribuye las explicaciones del comportamiento de la ganadería siguiendo el *trillo* que abrió Moraes.

6.2. Método y recorte

La muestra se construyó en base a la prevalencia de campo natural en los establecimientos seleccionados y en la heterogeneidad de modos de llevar la ganadería entre pequeños y medianos productores, quienes habitualmente radican allí, en el establecimiento. Mi opción metodológica, la etnografía, me llevó, vivir en la ganadería durante un mes, quedándome en las distintas estancias de la ruta 27 de Rivera, la 5 y 26 de Tacuarembó y en la 31 de Salto. Se consideró alcanzada la saturación teórica cuando la reiteración de las fuentes de legitimidad y las dimensiones no resultaban novedosas en la agregación de entrevista y observación. En este artículo se presenta una de

21 *Durable* se refiere a lo que permanece a lo largo del tiempo a través de la repetición de los movimientos de las personas, en la repetición se va poblando el mundo social de entidades que le otorgan estabilidad a los intercambios entre las personas. En este caso, nos referimos a la ganadería como durable, porque es la modalidad de relaciones entre los humanos y no humanos que tiene mayor tiempo y ha forjado una serie de instituciones que subrayan su carácter estable.

22 Así, al ciclo inicial del cuero, se agregaron el del tasajo entre 1700-1860, el de la lana, el cuero y el tasajo entre 1860-1914, y el de las carnes refrigeradas, la lana y el cuero, entre 1914-1978. La demanda externa jugó un papel primordial para ratificar la especialización ganadera: «la demanda mundial en una compleja combinación de fuerzas, a la vez que promueve cambios, refuerza permanencias. Ello consolida las tendencias conservadoras de toda sociedad rural. La demanda mundial las santifica pagándolas. En el Uruguay todo lo viejo halló sitio al lado de lo nuevo» (Moraes, 2001: 66).

las entradas al tratamiento del origen de la legitimidad de la ganadería para la explotación de la tierra, en donde se repasa lo singular de hacer crecer ganado en el manejo de un ecosistema en concreto, a través de la composición de la percepción ambiental.

6.3. Primero historizar

La durabilidad de poblaciones concretas y, por lo tanto, singulares, es la preocupación central del enfoque de este trabajo, que busca determinar una base colectiva —al mismo tiempo biofísica y social— de la legitimidad de la ganadería para la propiedad y explotación del ecosistema de pastizales. El aspecto irreductible de la legitimidad radica en habitar un ecosistema en particular en donde crece conocimiento imbricado en las relaciones sociales, que se repiten generación a generación mediante un proceso de educación de la atención (Ingold, 2000). Antes de presentar las observaciones de campo se hará referencia brevemente al devenir de la relación entre la ganadería y la ingeniería agronómica.

El siglo XX se inauguró con el nacimiento de la ingeniería agronómica en el país dispuesta a la transformación de la topografía y a alcanzar todos los rincones con el progreso técnico-científico. La unidad de medida se organizó en el sur del país, teniendo a la agricultura como el modelo óptimo de aprovechamiento de los recursos naturales, entonces también, en un contexto de crecimiento de la población mundial. La ingeniería agronómica se enfrentaba a una ganadería que a su juicio era rutinaria y poco generosa con la imaginación progresista²³ (Praderi, 1908).

En 1908 la Asociación Rural del Uruguay (ARU) organiza una conferencia para divulgar la *importancia de la ingeniería agronómica*, en un contexto nacional de legitimación para la propiedad y explotación de la tierra en clave tecnológica. En la conferencia, el estudiante de Ingeniería Agronómica Carlos Praderi expuso el devenir de la cuestión rural, que creció a partir de un contrapunto entre la percepción de lo posible para la ganadería regional del norte del país²⁴ y la imaginación de la ingeniería agronómica impulsada por

23 Además de Praderi, las revistas de la ARU tenían el mismo tratamiento, la ingeniería agronómica era una expresión de la racionalidad moderna —la ciencia—, lo *otro* no se corresponde a los tiempos futuros que promete el progreso.

24 En el análisis sobre desempeños tecnológicos, Mores concluye «los ganaderos capitalistas no mostraron un perfil homogéneo; la distinción entre “progresistas” y “tradicionales” tan cara a la historiografía clásica expresa una diferenciación regional donde operaban factores medioambientales, geográficos y demográficos, así como rutinas y trayectorias de aprendizaje adecuadas a estos. Pero esta heterogeneidad regional, que es también una diversidad de conductas racionales, no define una divisoria entre capitalistas y precapitalistas, ni entre capitalistas *innovadores* y entre capitalistas *rutinarios*, sino que describe una gama de estrategias posibles para obtener rentabilidad en el negocio de la ganadería capitalista» (2001: 92).

los progresistas.²⁵ La propuesta de la agronomía es *educar la atención* hacia *paisajes agrarios* futuros, poblado de riquezas y bienestar a través de la modernización productiva. La ganadería más antigua en habitar las praderas naturales aprendió a moverse en ese mundo que creía haber domesticado, al punto de concebir su propio devenir dentro de las leyes de la naturaleza.²⁶ La imaginación de futuro que ofrecía la ganadería conservaba el paisaje de praderas dilatadas, lo que no hacía ilusión a ninguno de los actores del progreso que habitaron el siglo pasado.

El contrapunto crece al ritmo de los intentos de modelación de las relaciones entre humanos y humanos/no humanos a través de las políticas públicas. Van organizando la topografía nacional como una colcha de retazos —*patchwork*—, texturando los campos entre lo *liso* y lo *estriado* (Deleuze y Guattari, 2006). Por un lado, la ganadería extensiva desarrolla una *cosmología de lo liso*, las praderas son la superficie donde la mirada pasa a través de las cosas buscando la variación de luz y sombra y la textura superficial que descubre (Ingold, 2011). La prevalencia de esta percepción es producto de la repetición de habitar las praderas incambiable²⁷ donde se singulariza la experiencia a partir de la cual se exige al Estado un trato excepcional, haciendo de la *diferencia de habitar* un sustrato concreto a la *diversidad social y cultural*. Habitar la pradera natural es estar inmerso en los incesantes movimientos del viento, recorriendo una tierra abierta al cielo, donde la variación de la luz y sombras son los movimientos más frecuentes sobre el llano, donde se percibe la sequedad y humedad del aire, dependiendo del calor y la lluvia, como huellas en los «seres sintientes» (Ingold, 2011).

Por otra parte, la ingeniería agronómica, organizada desde las urbes, surge como parte de un sistema de innovación que imagina un futuro nacional signado por el progreso y el conocimiento técnico. Este conocimiento se opone jerárquicamente al que emerge de la perspectiva de habitar, es decir, aquel que proviene de la experiencia. La ciudad desarrolla la ciencia que resiste la

25 Nos referimos tanto al gobierno que impulsó el sistema de innovación para el agro, como a los que realizaron un giro a favor de las ideas de progreso en un contexto de controversia en torno a la legitimidad del uso del suelo, a principios del siglo pasado. Esta relación se verá repetida un siglo más tarde, a instancias de los cambios de uso del suelo y la creciente intervención del Estado en la regulación de los usos.

26 La externalidad de la naturaleza respecto de las relaciones entre los humanos tenía la fortaleza de sostener sus propias reglas, el devenir natural envolvía el orden y jerarquía entre las personas en un devenir al ritmo de las dilatadas praderas naturales.

27 En el norte, en la zona de basalto superficial que ocupan los departamentos de Artigas, Salto y Tacuarembó, las praderas naturales y el tipo de suelo no ha dejado paso a la extensión de cultivos y conserva espacios poblados de historias de la gesta de la Independencia y el liderazgo de General Artigas. La electricidad es escasa en los establecimientos de la zona, las escuelas son casi inexistentes y los beneficios del progreso que se prometió para la República no alcanzaron a los rincones que guarda este paisaje. Muchos de los trabajadores de la ganadería con los que trabajé fueron nacidos y criados en pueblos y estancias de la zona, con escasa movilidad más allá del espacio dilatado y liso de las praderas.

tierra, estriándola y educando la atención en lo volumétrico y homogéneo²⁸ (Deleuze y Guattari, 2004: 524-525). La percepción estriable reparte la tierra y la cierra contra el cielo, es un recorte que atiende a distinguir los objetos que tienen lugares asignados (Ingold, 2011). La cosmovisión neodarwineana de la ingeniería agronómica piensa estriarlo todo, porque responde a la necesidad creciente de alimentar las pobladas urbes.

Lo *liso* se repite y diferencia (Deleuze, 2004) a través del proceso de la vida, donde las personas aprenden a componer el mundo por imitación e improvisación. Repetir es comportarse de un cierta manera, pero en relación a algo que es único o singular que no tiene semejante o equivalente (Deleuze, 2004). Es decir, que la repetición expresará algo que es singular frente a lo general; la visión sobre la pradera natural se repetirá no por el agregado de su trayectoria una y otra vez, sino que se avivará en su habitar aquello que agrupó por diferencia. La necesidad de ejercer activamente la diferencia para afirmar su existencia, se dirá, proviene del mismo esfuerzo que la repite, una y otra vez, contra lo general, a favor de una realidad del mundo más profunda y más artista (Deleuze, 2004). Se entiende que refiere a la profundidad y a la creación, en tanto que en el gesto de su repetición se reclutan nuevos elementos a las propiedades del sustrato (en este caso, la pradera natural). En un tiempo largo y grave (lento y solemne) se repiten los movimientos de los humanos y no humanos mientras habitan la pradera natural; en sus dilatados horizontes abiertos al cielo, los hombres de la ganadería navegarán la pampa lisa.

6.4. Paisaje, territorio y atmósfera

Ahora bien, hay que distinguir los paisajes futuros del sustrato concreto del que hablamos y, más en particular, del problema de habitar un ecosistema y la percepción que se organiza en el proceso de la vida de las personas. Para ello se discutirá el uso frecuente de tres términos: paisaje, territorio y atmósfera.

La propuesta será la de trabajar sobre la noción de atmósfera cuando decidimos comprender cómo los actores perciben su entorno en el proceso de sus vidas, mientras que paisaje y territorio suponen, primero, la exterioridad del mundo natural y, luego, una jurisdicción del poder público.

28 Una de las principales herramientas de la agronomía son las curvas de respuesta del suelo a la introducción de variables tales como fertilizante, agua, cultivos. La curva se expresa en una expresión espacial con tres ejes, de modo de mostrar el movimiento volumétrico del suelo en la respuesta que da a x variable. Esta es la imagen paradigmática de la educación de la atención de la ingeniería agronómica.

El término *paisaje* tiene tres acepciones: como una cierta tierra que se ve desde un sitio, por su valoración estética o como pintura o dibujo que representa tal tierra (paisajismo).²⁹ El paisaje acompaña la idea de un mundo terrestre, en la imagen de un hombre sobre una superficie dada, en la cual se pueden encontrar cursos de agua, carreteras, valles, sierras, pueblos, entre otros. Ingold (2011) recuerda que en la Edad Media se usaba el término *paisaje* para referirse al lugar que habitaba diariamente el mundo agrario, pero ellos no eran pintores ni realizaban perspectivas, sino que modelaban la tierra en el curso de sus vidas. El paisaje es identificado en nuestro tiempo por la idea de escenario o con el arte de la descripción, más aún luego del desarrollo de la cartografía y la fotografía³⁰ (Ingold, 2011). Siguiendo con el *locus teórico* que se intentó presentar, pensar en paisaje obliga a cierta exterioridad respecto de quien observa y atiende solo al sentido de la vista, mientras que, como ya se señaló, habitar el mundo nos involucra como participantes, es decir, en condición de sentir, oler, mirar y tocar un mundo en proceso de formación.³¹

Por otra parte, el concepto de *territorio* refiere a una dimensión política de una extensión de tierra, ya sea nacional, regional o departamental,³² es decir, a una acepción del poder en relación al control que un grupo de personas tienen sobre las formas que allí se desarrollan.³³

En este sentido, «el territorio es un dato esencial para las sociedades agrarias, es un componente básico que admite restricciones ambientales y geográficas, define circuitos regionales, admite centros demográficos

29 El diccionario de la Real Academia Española dice lo siguiente: 1. m. Extensión de terreno que se ve desde un sitio. 2. m. Extensión de terreno considerada en su aspecto artístico. 3. m. Pintura o dibujo que representa cierta extensión de terreno (www.rae.es). En inglés, *landscape* viene de dos usos, *scape* y *scope*: el primero proviene del inglés antiguo, *sjyppan*- modelar (*to shape*); mientras que el último viene del griego *skopos* en referencia al objetivo del arquero, dónde debía mirar para atinar (*skopein-mirar*) (Ingold, 2011).

30 «Landscape has thus come to be identified with scenery and with an art of description that would see the world spread out on a canvas, much as in the subsequent development of both cartography and photography, it would come to be projected onto a plate or screen, or the pages of an atlas» (Ingold, 2011: 126-7).

31 «Rather than thinking of ourselves only as observers picking our way around the objects lying about on the ground of a ready-formed World, we must imagine ourselves in the first place as participants, each immersed with the whole of our being in the currents of a world-in-formation: in the sunlight we see in, the rain we hear in and the wind we feel in. Participation is not opposed to observation but is a condition for it, just as Light is a condition for seeing things, sound for hearing them, and feeling touch touching them» (Ingold, 2011: 129).

32 (Del lat. *territorium*) 1. m. Porción de la superficie terrestre perteneciente a una nación, región, provincia, etc. 2. m. terreno (campo o esfera de acción). 3. m. Circuito o término que comprende una jurisdicción, un cometido oficial u otra función análoga. 4. m. Terreno o lugar concreto, como una cueva, un árbol o un hormiguero, donde vive un determinado animal, o un grupo de animales relacionados por vínculos de familia, y que es defendido frente a la invasión de otros congéneres (www.rae.es).

33 El término *territorialidad*, como el verbo del territorio, implica «el intento por parte de un individuo o grupo de afectar, influenciar o controlar personas, fenómenos y relaciones a través de la delimitación y el establecimiento de un control sobre un área geográfica» (Sack, R. D., 1986, «Human territoriality: Its Theory and History», Cambridge University Press, Cambridge, p.1, en: Santos, C.: *¿Qué protegen las áreas protegidas? Conservación, producción, Estado y sociedad en la implementación del Sistema de Áreas Protegidas en Uruguay*, tesis de Maestría, Universidad Nacional de General Sarmiento, IDES, Buenos Aires, 30 de setiembre de 2010).

económicos de gravedad y resulta un eje organizador de todo paisaje agrario» (Moraes, 2008: 22). Igual que otros, este es un recorte posible, pero que supedita lo jurisdiccional a la comprensión de las relaciones entre humanos y no humanos que allí se establecen. Es claro que las restricciones, como señala Moraes, hacen que el espacio de posibilidad sea más bien con cierta forma y en ello no pretendemos ser inocentes ignorando tal restricción. Al contrario, los pastizales (praderas naturales, campos naturales) que ocupan la mayor parte de nuestro territorio nacional han encontrado una ecuación de valorización económica a partir del agregado del poblador europeo: la vaca. Sin embargo, las personas no necesariamente viven la división política, sus movimientos en el espacio trasvasan las fronteras departamentales e incluso las nacionales.

Relacionado a esta noción de territorio aparece también la de *lugar*. Este concepto implica que un sustrato material adquiere sentido para las personas que han pasado tiempo allí.³⁴ Entonces, se dirá que *lugar* es una definición que se debe buscar en el campo, porque quienes están allí sabrán a qué zonas y a qué conjunto de elementos se le asignan historias y sentidos, cuáles son los lugares y cómo se llaman. Como señala Feld, si los lugares son habitados y en ese proceso adquieren significación y significado, estos mismos constituyen un lugar (1996). Entre los apaches del oeste de Norteamérica, por ejemplo, los nombres de los lugares encierran un cuento, como diseños situados, que cuentan eventos que ocurrieron; solo con el nombre los apaches que escuchan la historia, sin importar si conocen el lugar o no, son capaces de imaginarlo. Cada cuento implica, a su vez, un sistema de reglas en el entramado de una situación, que provocan pensar en la vida de quien escucha, de allí que los apaches vean los lugares como repositorios de sabiduría (Basso, 1996). Pero los lugares pueden ser diminutos, como los lugares de memoria³⁵ (Nora, 1989). Por ejemplo, en el basalto del norte del país hay cerros, valles y quebradas que evocan los tiempos de Artigas o de las gestas de Aparicio Saravia.

Finalmente, *atmósfera* en las definiciones de diccionario refiere al aire que rodea la Tierra, pero también al ambiente que rodea o en donde se

34 «A place owes its character to the experiences it affords to those who spend time there -to the sights, sounds and indeed smells that constitute its specific ambience» (Ingold, 2000: 192).

35 «Los lugares de memoria son, en primer, lugar restos. La forma externa donde subsiste una conciencia conmemorativa en una historia que la convoca porque la ignora [...] Los lugares de la memoria nacen y viven del sentimiento de que no hay memoria espontánea, que hay que crear archivos, que hay que mantener los aniversarios, organizar celebraciones, pronunciar elogios fúnebres, levantar actas, porque estas operaciones no son naturales» (Nora, P. (1989): *Representation. Between Memory and History: Les Linux de mémoire*, University of Claifornia Press, USA, p. 7).

extiende la influencia de alguien, como indicador del ánimo, entre otras.³⁶ La atmósfera es la condición de que sea posible percibir (sentir, oler, escuchar, tocar), conocer a través de la percepción en un mundo de experiencia. Como se mencionó antes, somos «seres sintientes», más aún, somos seres temperamentales, en la experiencia del clima descansa la raíz de nuestro humor y motivaciones, incluso el temperamento de nuestro ser (Ingold, 2010). La atmósfera, *weather-world*, es crítica para considerar la relación entre el movimiento del cuerpo y la formación del conocimiento. Cuando caminamos, lo hacemos a la vez en el suelo y el aire, escuchamos la textura con el ruido que hace el viento y la lluvia al encontrarse con el suelo, vemos las sombras y los colores en la luz, tocamos y olemos en el viento (Ingold, 2010). Es en la atmósfera que desarrollamos las relaciones con otros, es un universal singular, todos habitamos en atmósferas concretas, es decir, históricas.

La idea que busca expresar *atmósfera* hace un primer esfuerzo por salirse del plano, de la perspectiva o estética que implica *paisaje*, de la dimensión de control sobre los movimientos de una forma singular de gobierno en *territorio*, para dirigirse a una dimensión propia del modo en que vivimos el mundo.

6.5. Atmósfera ganadera

La actividad principal de trabajo en la ganadería es la *recorrida*, llevada a cabo generalmente por los peones y los ganaderos que residen en la estancia. Se trata de salir al campo a caballo para repasarlo. Para la clasificación del Consejo de Salarios, el trabajo del peón es uno *sin*

36 Atmósfera o atmosfera. 1. f. Capa de aire que rodea la Tierra. 2. f. Capa gaseosa que rodea un cuerpo celeste u otro cuerpo cualquiera. 3. f. Espacio a que se extienden las influencias de alguien o algo, o ambiente que los rodea. 4. f. Prevención o inclinación de los ánimos, favorable o adversa, a alguien o algo. 5. f. *Fís.* Unidad de presión o tensión equivalente a la ejercida por la atmósfera al nivel del mar, y que es igual a la presión de una columna de mercurio de 760 mm de alto (www.rae.es).

calificación.³⁷ Esta definición es compartida por Piñeiro (2008) y Moreira (2010) como un trabajo fácil que no requiere mayor esfuerzo, una vigilancia. Entre los voceros de la ganadería de la ruralidad del siglo pasado, el trabajo de peón era uno *esencialmente holgado y cordial*; que combinaba el *esfuerzo gimnástico*, la alegría de recorrer, la independencia a caballo en unas tierras vastas (Barran, 2004).³⁸

A veces dicen que la tarea del peón es media boba o simple. Yo sugiero al patrón que deje la estancia un mes y sea empleado a ver lo qué pasa, porque parece mentira, dicen esos todos los días en el campo, pero hay que andar... porque las cosas suceden, viste, no es muy fácil. Vos te sentás en una computadora, si pudieras controlar todo así sería... (peón, 35 años).

En general, la recorrida refiere a la vigilancia del estado sanitario del ganado, el estado de las pasturas y los alambrados, es decir, un compromiso de la vista de señales de fácil advertencia. Sin embargo, aun si aceptamos que solo involucra la vista, no se trata solo de algunas directivas para unos ojos extraños, sino de una *educación de la atención* de la vista sobre las formas, colores y sus variaciones, que se realiza junto con otros que habitan esa *atmósfera*.³⁹

37 Peón común = 100. Definición: Es aquel trabajador que realiza actividades simples, que no requieren conocimientos ni habilidades especializadas. Sin requisitos de alfabetización. Recibe instrucciones precisas y su tarea es supervisada. No tiene personal a su cargo. Peón semiespecializado = 104,5. Definición: Se requieren habilidades e idoneidad específicas con algún grado de especialización para el cumplimiento de tareas relativamente simples. Requiere estar alfabetizado. Este trabajador requiere supervisión y cumplirá las diversas tareas indicadas por el supervisor. Realizará aquellas tareas para las cuales este calificado; la evaluación de las referidas calificaciones será realizada por el supervisor a partir del trabajo de campo propiamente dicho. Esta constituye una categoría de transición dentro de la escala ocupacional, dependiendo su ascenso de la capacitación, desempeño y responsabilidad demostrados. Dichos trabajadores tendrán preferencia ante las eventuales vacantes que se produzcan en la empresa en las categorías superiores. Están contemplados en esta categoría aquellos trabajadores jóvenes que se integran a la actividad arrocera y que posean cursos de la Escuela Arrocera o relacionados a la actividad arrocera, de técnico agropecuario o de metalúrgica. Aquellos trabajadores que provengan de los referidos centros educativos y que estén realizando su primera experiencia laboral en este rubro de producción, no podrán permanecer en esta categoría por más de un ciclo arrocero (una vez finalizada la cosecha). Disponible en: <http://www.mtss.gub.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=2553:categorias&catid=309&Itemid=200>.

38 En palabras de Luis Alberto de Herrera, el peón rural trabajaba al aire libre bajo la protección del patrón padre, en el desempeño de una tarea: «Constante esfuerzo gimnástico, con deleite se va y se viene alegremente; el caballo estimula a la andanza y aviva, posiblemente en exceso, la independencia personal, que linda, en ciertos casos, con el abuso de la libertad [...] La tarea rural es esencialmente holgada y cordial», «Estudio sobre la condición económica y moral de las clases trabajadoras de la campaña, aprobado por unanimidad por el Congreso de la Federación Rural» en: Barran, J. P. (2004): *Los conservadores uruguayos (1870-1933)*, EBO, Montevideo.

39 Aunque desde el 2006 vengo haciendo trabajo de campo entre ganaderos del basalto, en las recorridas aún no he aprendido a identificar la bichera en las orejas de las vacas, y aunque existen manuales de divulgación del estado corporal de la vaca, es necesario luego verla y ajustarlo a la raza de la que se trata. Cada recorrida es un momento de aprendizaje, de imitación de los gestos y de improvisación en el ajuste de los movimientos propios con los del ambiente.

Tenés que aprender a identificar, de mirar un animal y porque a veces vos mirás un animal y hay gente que se confunde y dice que ese animal está gordo y no está gordo, está hinchado... no, de mirarlo nomás, con mi abuelo vas aprendiendo... (hombre, 1, 22, 1600).⁴⁰

Aunque muchos se refieren a la recorrida como un momento en el cual también resuelven temas, donde la cabeza «rumea» pensamientos, no se trata de un paseo diario que requiere una atención mínima. Al igual que cuando se camina, cuando salen de recorrida conocen, aprenden. La recorrida es el trabajo de capturar información de un ambiente que debe ser ajustado para crear las mejores condiciones para que el ganado crezca, se desarrolle.

Me levanto temprano, recorro, hago otros trabajos afuera, pero normalmente estoy acá. El trabajo en la ganadería extensiva, cuando salís a recorrer, lo que salís es a ver las vacas, cómo está el pasto, cómo está el agua, cómo ta... es el principal trabajo, captar información del ambiente [...] es recibir esa información que vos salís y empezás a mirar, ese es el trabajo principal. A veces dice salir a recorrer, pero no es salir y pasear (risas). Ese es el trabajo básico de la ganadería extensiva, es ese, aparte de otro que son tareas concretas que hacés, es manejar ese ambiente, como si vivieras en otro ambiente, las vacas están ahí comiendo a voluntad, entonces vos tenés que salir al campo... (hombre, 22, 45, 500).

La habilidad que se requiere para realizar la tarea de la recorrida es atribuida al *campero*, al nativo del Condado del Basalto,⁴¹ que sabe identificar los rasgos del ambiente, sabe moverse en él y sabe relacionarse con el caballo.

40 La codificación refiere al sexo del entrevistado, los años que hace que vive en el campo natural, su edad y la cantidad de tierra que maneja, sea o no de su propiedad.

41 El trabajo de campo se realizó en Tacuarembó, Salto y Rivera, entre las rutas 5, 31, 26, 28, 29 y 27, recorriendo estancias, pueblos y ciudades. En la medida que los actores refirieron a la escala de la ganadería, se fue descubriendo un sistema *de ciudades, pueblos y estancias* de acuerdo también a la definición de una escala pertinente entre los ecólogos. Es decir, desde el punto de vista de la teoría de parches en ecología, la escala adecuada para observar una población. En particular, señala que a una escala pequeña podríamos advertir que una determinada población podría estar en peligro, sin embargo, al aumentar la escala observamos que esa población se encuentra «a salvo» y conectada por parches con territorios más amplios. Así, si observamos la estancia, podríamos decir que dada la baja frecuencia de mujeres, esa escala muestra que la población rural está en extinción, sin embargo, si levantamos la escala podremos ver que esos hombre del campo se relacionan con ciudades y pueblos, lo cual les permite la reproducción biológica y social de la ganadería y el mundo ganadero. La sensación de la presencia ganadera en la ciudad y de la lógica de ella dentro de sus instituciones más modernas (ni los bancos, ni los supermercados, ni las ofertas turísticas marchaban al ritmo ansioso con el que venía de la ciudad). Por eso, con referencia a una región, que no se corresponde con la división administrativa del *departamento*, opté por otra nueva jurisdicción: el *condado*. En segundo lugar, porque condado puede rápidamente evocarnos dos imágenes. Por un lado, es el lugar donde vive el conde, es decir, de una lógica feudal que rige una región. Con esto quiero resaltar el valor activo de la tierra como productor del valor, es decir, de cierto tinte fisiocrático que clasifica la utilidad de las personas en la dilatada llanura. Por otro lado, porque también nos remite a la cercanía con otros lugares ganaderos —los cinematográficos Kansas y Texas—, que parecen ser más familiares para el montevideano, que compartir la membrecía nacional. El *Condado* es allá en el norte, lejos.

Está el viejo campero aquel que toda la vida vivió en el campo. El término *campero*, viste, siempre digo, en el diccionario está mal, porque te dice cualquier cosa menos lo que es. El campero no es otra cosa que una persona con mucha experiencia en el campo y con inteligencia, que siempre fue aprendiendo y captando cosas... ese es el campero, sabe cómo domar un caballo, andar en él... a veces decís este vivió toda la vida en el campo y no aprendió a camperear... el campero antes y hasta ahora, este, te entra en un campo y te dice si sirve para algo... Hernandarias que vino acá y dijo: este pasto es para criar vacas y trajo de Paraguay... [camperos] hay, sí, cada vez menos (hombre, 30, 50, 2200).

Si lo que escasea es la experticia, la destreza del que habita, entonces podrían realizarse manuales para formar a las generaciones más jóvenes. De hecho, distintas organizaciones estatales realizan manuales junto con expertos que educan la atención sobre el estado corporal de las vacas, sobre los distintos estados de cobertura del suelo, entre otras.

Darse cuenta de qué es lo que está mal, de qué es lo que está bien y qué son las cosas que hay que corregir [...] eso es lo que falta, conocimientos no faltan, falta experiencia... experiencia práctica [...] eso lo aprendés primero con alguien que lo sepa hacer, alguien que tenga esa condición, y con mucho tiempo llegás a adquirirla, es una cuestión medio osmótica... te la empieza a pegar... eso lleva mucho tiempo, no es una cosa que el tipo se pueda sentar en una silla y decírtela, ni escribirla ni publicarla, es una cuestión que se siente, que vos la palpás (hombre, 12, 34, 1800).

Sin embargo, como mencionaba anteriormente un ganadero, la recorrida es una tarea de captura de información para manejar un ambiente hacia ciertas condiciones óptimas de desarrollo de los vegetales y animales (no humanos). Es que la recorrida no solo involucra la vista, sino todo el cuerpo, que ajusta los movimientos al del caballo que monta, a los movimientos de los otros, pero también el tacto que recibe la humedad del aire, el calor, el viento que también trae los aromas y el sonido de las texturas contra las que roza. La recorrida se trata del crecimiento de una destreza que está imbricada en la vida diaria de las personas, que se desarrolla a lo largo de la vida, involucrando todos los sentidos y la habilidad de percepción que advierta las respuestas del conjunto del ecosistema ante la variación de algunos elementos. La recorrida requiere una sensibilidad que se educa en la tarea diaria de recorrer, de habitar el ecosistema de pastizales con herbivoría.

6.6. La percepción del clima

La recorrida requiere tiempo y la experticia de otros más antiguos en habitar el ecosistema, y al capturar información del conjunto de relaciones en el ambiente entre los humanos y los no humanos, se incluye en ello toda la bóveda celeste, es decir, una sensibilidad en una atmósfera-mundo. El campo natural está abierto a un cielo abrazador al cual los *camperos* aprenden a moldear, una sensibilidad que educa su atención sobre las formas de las nubes, el viento, los colores del atardecer, la humedad o sequedad en el aire, la luna y sus formas, para incorporarlas a la comprensión general del ambiente donde también hay otros habitantes. Existe cierto consenso que entre los ganaderos que tienen años habitando el campo se percibe el comportamiento del clima que actualmente correlacionan con el cambio climático. Lo cierto es que los ganaderos siempre atendieron al cielo y han aprendido, en la tarea diaria de habitar los campos naturales, a ajustar su sensibilidad a un manejo global de la estancia de dilatados campos abiertos al cielo.

Uno percibe, ¿no? Para mí lo que te marca son las dos lunas nuevas, la de agosto y la de marzo. La de marzo, si es seca, está clavado que los últimos tres meses va a ser así, y si no tomá la experiencia, en esta prácticamente esta luna nueva, de acá, la zona nació sin nada de agua, llovieron siete milímetros. La naturaleza, los animales, hay cantidad de cosas que percibís. Yo te voy a hacer una anécdota, nosotros en el 82 teníamos un campo del otro lado del Arapey... pasábamos por un campo de un señor y un día me atajó: «Va hacer seca». Yo digo qué va a haber seca... «Acordate, en la seca del 42 los horneros hicieron nido en el medio de la zanja, y ahora están haciendo nido otra vez, en el medio del agua». Fue una seca media localizada, que te voy a decir [...] una bruta seca... gente de acá de los montes que cuerearon⁴² 1000 vacas en el año 82... y son cosas que a vos te van quedando, de la propia experiencia. Para mí la naturaleza te marca mucho... del comportamiento de los animales silvestres... (hombre, 32, 51, 520).

Atender al clima es aprender a comprender las relaciones entre los niveles de humedad y sequedad en el aire, del viento, las tormentas, el sol, con las otras entidades del ambiente: las vacas, ñandúes, los cursos de agua, las pasturas, los bosques, etc. La destreza es de manejo de la atmósfera-mundo y se va ajustando en cada movimiento concreto, día tras día, improvisando en la repetición del gesto. Es en este aspecto que radica la mayor dificultad

42 El término *cuerear* se refiere a sacrificar el ganado en condiciones donde el cuero es el mayor valor de intercambio que le resta al animal.

de formalización, porque es un aprender cómo, *savoir faire*, *know how*, es decir, que no son palabras —meramente lingüísticas—, sino destrezas que crecen inductivamente con otros.

[La sensibilidad] la aprendí con una persona que trabajé mucho tiempo, que es un tipo que es muy reconocido porque tiene visiones, es un tipo que tiene mucha visión, le ha ido muy bien, arrancó de muy abajo, laburó siempre, toda la vida a las cuatro de la mañana, laburó mucho y además tiene eso, que es como... el tipo sabe lo que va a pasar, sabe... se equivoca, como todo, le erra, pero tiene una capacidad de manejar el campo, de ver... a la estancia hay que mirarla toda, no hay que mirar ese caballo que está ahí, eso no importa, hay que mirarla globalmente y manejarla como una cosa integrada, no como individualidades, no existe la vaca fulana y la vaca mengana, no, no. Acá son todos, son individuos pero hay que manejarlos como grupo, y después que lográs organizativamente que funciones así, es relativamente sencillo manejarlo. De todas maneras, ya te digo, esa habilidad de poder ver, de prever, de pensar, no es mañana ni la semana que viene, ni el mes que viene... pensó en uno o dos años para adelante (hombre, 12, 34, 1800).

Eso se aprende, más que nada que se recibe de los padres y la convivencia con el ambiente (hombre, 22, 45, 500).

Hablar de la lluvia o de la falta de agua es una conversación cotidiana entre los ganaderos. El seguimiento se realiza milímetro a milímetro (de precipitación) en la competencia por los mejores resultados. Cuando una zona se enfrenta a un evento de escasez de lluvias en campos amarillos, es decir, una experiencia de escasez colectiva, aumentan las referencias cara a cara sobre la humedad/sequedad del aire, las estrategias de los linderos, las respuestas de los frigoríficos y las distintas fuentes de pronósticos disponibles. Las experiencias son conocidas por los distintos ganaderos que se encuentran en la ciudad o el remate, atendiendo a la eficacia de las medidas que tomaron otros (aguadas colectivas, praderas artificiales, riego, fardos, medidas de manejo).

6.7. Conclusiones

Las recomendaciones de la política pública sobre medidas de adaptación vienen de la mano de la ingeniería agronómica, como traductora universal del mundo rural, pero sobre una relación de desconfianza con la ganadería. En primer lugar, porque en la trayectoria compartida, la agronomía

históricamente buscaba *estriarlo* todo, la sugerencia para la ganadería en particular era la roturar la tierra para sembrar praderas artificiales de especies exóticas y fertilizantes químicos. Estas estrategias de paquetes tecnológicos (como el paquete que se importó de Nueva Zelanda en el siglo pasado) no solo implican un gasto económico (o la venta a favor del técnico), sino también una tecnología pensada en otra parte del mundo o del país que no necesariamente se adecua a todas las dinámicas de clima y suelo. El agrónomo es visto como un vendedor ambulante de insumos y servicios, por medio del cual no se percibe una preocupación general por el sector. En segundo lugar, porque sobre la experiencia de seguir el proyecto de *estriaje* de mediados del siglo XX (hoy el de siembra directa para la introducción de forraje), los resultados no fueron alentadores, la respuesta a la sequedad del aire y suelo (*las secas*, como se le dicen en el norte a las sequías) de las praderas artificiales eran desperejas o nulas. El diálogo entre las partes está lesionado por una interpretación *a priori* que se organizó hace tiempo y entorpece lo que se quiere comunicar sobre el clima y las estrategias de adaptación. Sumado a ello, las fuentes de información sobre el clima son heterogéneas y a veces contradictorias, lo que lleva a los actores a recurrir a su experiencia de vida para resolver los problemas allí donde y cuando suceden.

En la recorrida crece el conocimiento sobre el ecosistema que se habita, y en la ganadería el conocimiento crece mientras se mueven en el suelo liso que se abre al cielo, capturando las relaciones entre los elementos que existen en la pradera natural. La recorrida es un trabajo de cuidado del ganado, porque la *ganadería no fabrica carne*, sino que *hace crecer animales* en un ambiente que intenta modelar para el desarrollo del ganado en el sentido que imagina su criador. El trabajo que desarrollan los ganaderos y trabajadores de la ganadería es un *trabajo de cuidado* del ganado y pasturas, que se aprende con el tiempo en la experiencia directa. El conocimiento que crece allí no es pasible de ser objetivable, sino que está imbricado en las relaciones cotidianas que suceden a lo largo de la vida de las personas. En la ganadería persiste una percepción de lo *liso* de una tierra abierta al cielo imbricada en las relaciones sociales que allí crecen. El conocimiento o percepción crece mientras se realizan las tareas, desarrollando destrezas que se ponen en movimiento para hacer crecer el ganado. Lo *liso* tiene otras implicancias en los movimientos de las personas y en la organización su mundo y su imaginación, pero eso es parte de otro trabajo.

Bibliografía

BARRÁN, J. P. (2007): «Razones históricas y geográficas que explican el Uruguay rural conservador. Un ejercicio de historia comparada», en Álvarez, J.; Bértola, L.; Porcile, G. (comp.): *Primos ricos y empobrecidos. Crecimiento, distribución del ingreso e instituciones en Australia-Nueva Zelanda vs Argentina Uruguay*, Fin de Siglo, Montevideo, 219-230.

BASSO, K. (1996): *Wisdom sites in places. Landscape and language among the western Apache*, USA, University of New Mexico Press.

BONFANTI, D. (2007): «Problemáticos comienzos (1906-1925)», en Ruiz, E. (coord.) (2007): *Una poderosa máquina opuesta a la ignorancia. 100 Años de la Facultad de Agronomía*. FAGRO-CSIC, Hemisferio Sur, Montevideo.

DELEUZE, G. (2009): *Diferencia y repetición*, Buenos Aires, Amarrortu [1968].

DELEUZE, G.; GUATTARI, F. (2006): *Mil mesetas. Capitalismo y esquizofrenia*, Pre-textos, [1988], España.

FELD & BASSO (ed.) (1996): *Senses of Place*, SARpress, USA.

INGOLD, T. (2000): *The perception of environment: Enssays in Livelihood, Dwelling and Skill*, Routledge, Londres.

—(2010): *Footprints through the weather-world: walking, breathing, knowing*, Journal of the Royal Anthropological Institute, Londres.

—(2011): *Being Alive. Essays on movement, knowledge and description*, Routledge, Body & Society, TCS Centre, Nottingham Trent University, Londres.

MORAES, M. I. (2008): *La pradera perdida. Historia y economía del agro uruguayo: una visión de largo plazo 1760-1970*, Linardi y Risso, Montevideo.

—(2001): *Las determinantes tecnológicas e insitucionales del desempeño ganadero en el largo plazo, 1870-1970*, tesis de Maestría Historia Económica, FCS-UDELAR.

PRADERI, Carlos (1908): «La importancia de la carrera Agronómica», Conferencia leída bajo los auspicios de la Asociación Rural del Uruguay, por el estudiante de agronomía. Montevideo, Talleres Gráficos.

Parte 3. Aportes a la mitigación del cambio y variabilidad climática

En el CIRCVC también estamos aportando en varias líneas vinculadas a la mitigación del cambio climático, centrados en los sistemas agropecuarios. Por un lado, la HC de la carne y la leche incluye la cuantificación de las emisiones de GEI que se producen en el proceso de producción de carne y leche, tanto directa como indirectamente, comparando sistemas de producción y estimaciones a nivel nacional. Por otro lado, realizando ensayos experimentales para determinar la magnitud de emisiones netas de CH_4 y N_2O en vacas lecheras y de carne para aportar datos, modelar y eventualmente mitigar. Los capítulos que siguen ejemplifican estudios de HC en sistemas ganaderos de carne.

Capítulo 7

Emisiones de GEI en invernada vacuna del Uruguay

Pablo Modernel,⁴³ Valentín Picasso⁴⁴ y Laura Astigarraga⁴⁵

Resumen:

Este trabajo se enmarca en los resultados de la tesis de maestría de Pablo Modernel titulada *Gases de efecto invernadero en invernada vacuna de Uruguay* (Maestría en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, UDELAR, 2011).

La preocupación por el cambio climático es creciente a nivel internacional y nacional. El sector alimentario contribuye a las emisiones de GEI en un porcentaje que fluctúa entre 18 y 31 %. Se estimó la HC parcial, las tasas de erosión de suelo y el balance de energía para sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay con base alimenticia contrastante: campo natural, pasturas sembradas y granos en confinamiento (*feedlot*). Para los cálculos se consideraron sistemas teóricos extremos definidos por expertos, las ecuaciones del nivel 2 del IPCC y los modelos Erosión 5.0 y Agroenergía. Las emisiones totales del *feedlot* fueron el 42 % de las de campo natural, mientras que las del sistema de pasturas sembradas fueron un 85 % de las de campo natural. Los resultados sugieren que en nuestras condiciones, los sistemas confinados tienen menos emisiones de GEI que los sistemas pastoriles, pero los sistemas pastoriles tienen menos erosión del suelo y son energéticamente más eficientes en la transformación de combustibles fósiles en carne. Este *trade-off* (compromisos) entre las emisiones de GEI, la erosión del suelo y

43 Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía, UDELAR.

44 Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía, UDELAR. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía, UDELAR. Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

45 Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía, UDELAR. Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

el uso de energía fósil desafía el hecho de concentrarse exclusivamente en la HC como una medida de la sostenibilidad de la producción de carne. Este estudio resalta la importancia de analizar los sistemas de producción desde una perspectiva amplia para evaluar los impactos ambientales reales y sugerir políticas.

7.1. Introducción

La preocupación por el cambio climático es creciente a nivel internacional y nacional (MVOTMA, 2010; IPCC, 2007, Steinfeld y otros, 2006). La temperatura de la superficie terrestre aumentará entre 2 y 6 °C durante el siglo XXI y también aumentarán los eventos extremos (Forster y otros, 2007). Una de las causas del «calentamiento global» es el aumento de la concentración atmosférica de los GEI de origen antropogénico que son monitoreados: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Si bien el vapor de agua es el principal GEI, su concentración en la atmósfera es muy variable y difícil de monitorear.

El sector alimentario contribuye a las emisiones de GEI en un porcentaje que fluctúa entre 18 % (Garnett, 2008) y 31 % (European Commission, 2006). Según Steinfeld y otros (2006) el rubro ganadero aporta entre el 18 % de las emisiones a nivel mundial. Esta publicación ha tenido un alcance en la prensa muy importante, generando campañas de fomento contra el consumo de carne. Por otro lado, ha sido muy discutida debido a que realiza un análisis de ciclo de vida de toda la producción animal, incluyendo todas las especies, todos los sistemas de producción, y atribuye el 34 % de las emisiones al CO_2 emitido de la deforestación proveniente del cambio en el uso del suelo, que, si bien ocurre en algunos países, no es la generalidad de todos. A la hora de comparar con los otros sectores (transporte e industria), se consideran únicamente las emisiones de la combustión directa y no se hace un análisis de ciclo de vida completo (Pitesky y otros, 2009).

Una manera de comparar el impacto de los diferentes GEI es utilizando el potencial de calentamiento global (PCG) de cada uno. Cada molécula de estos GEI tiene diferente PCG, definido como la capacidad de un gas de contribuir a la refracción de radiaciones en relación a otro gas de referencia (en este caso CO_2). Según Metz y otros (2007) el CH_4 tiene un PCG de 23 y el N_2O de 296 en un horizonte de 100 años. Estos valores son criticados debido a que cada gas tiene un tiempo de vida media diferente, lo que lleva a que dos sets de emisiones con la misma cantidad de CO_2 eq pero diferente composición en gases tiene diferente capacidad de afectar el clima (Forster y otros, 2007).

En el cuadro 5 se muestran los números globales de emisiones en el país de los principales GEI. Vale aclarar que no se toma en cuenta el secuestro de carbono.

Cuadro 5. Emisiones globales de GEI en Uruguay, 2004

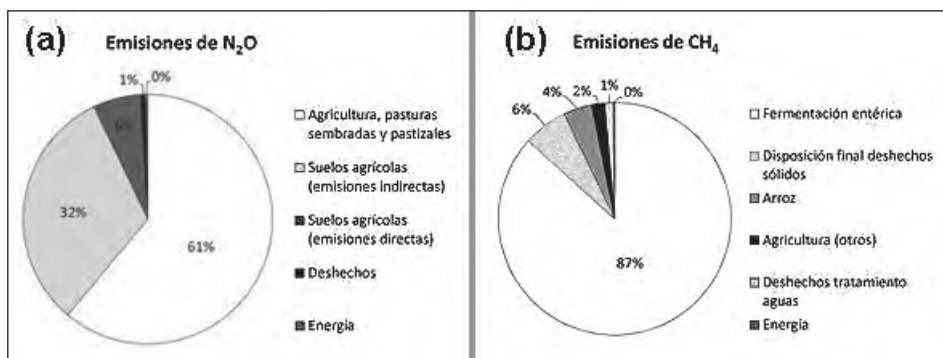
	Emisión por gas (kton gas/año)	Emisión equivalente (kton CO ₂ eq/año)	%
CO ₂	5439	5439	15
CH ₄	887	20401	54
N ₂ O	39	11632	31
TOTAL		37473	100

Fuente: MVOTMA (2010).

Los principales GEI asociados a la actividad ganadera son el CH₄ y el N₂O. La producción de CH₄ por fermentación entérica redunda en una pérdida productiva que se estima ronda entre 3 y 6 % de la energía metabolizable para bovinos (Eggleston y otros, 2006). Ajustar este parámetro (factor de conversión de CH₄ o Y_m) a las condiciones de los sistemas de producción de cada país o elaborar modelos para estimarlo es foco de la investigación mundial. Además, el manejo de las heces puede generar emisiones de CH₄ y es clave la porción de estas que se descompone anaeróbicamente. El almacenamiento y tratamiento de las heces como líquido produce cantidades significativas de CH₄ (Eggleston y otros, 2006).

Las emisiones de N₂O representan entre 6 y 10 % de las emisiones mundiales de origen antrópico, proviniendo de 35 a 58 % de la agricultura (FAO 2001; Metz y otros, 2007). En el gráfico 15 se muestra la importancia relativa del sector agropecuario sobre las emisiones de N₂O y CH₄ en Uruguay.

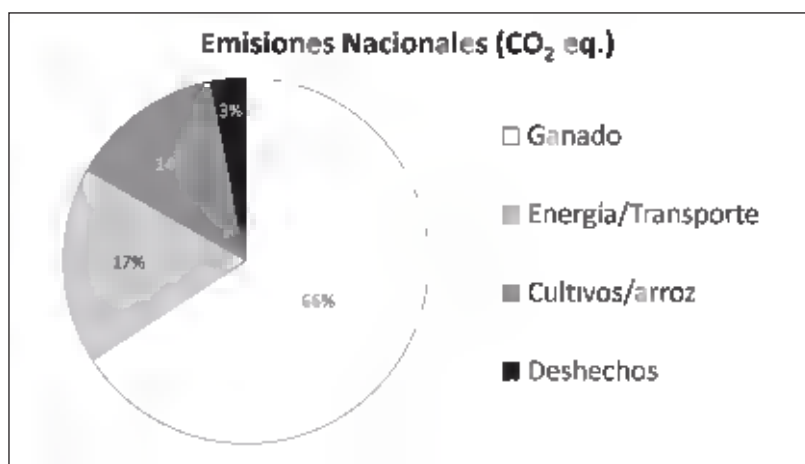
Gráfico 15. Emisiones de (a) N₂O y (b) CH₄ de diferentes actividades productivas para Uruguay, 2004



Fuente: MVOTMA (2010).

Asumiendo que el 60 % de la superficie agrícola (y por ende sus emisiones) son destinadas a la siembra de pasturas para la ganadería y que las emisiones de CO_2 no provienen de la producción ganadera, se puede adjudicar la proporción aproximada de las emisiones de la ganadería a nivel nacional (gráfico 16).

Gráfico 16. Emisiones totales de GEI (en CO_2 eq) de diferentes actividades productivas para Uruguay, 2004



Fuente: elaboración propia basada en MVOTMA (2010).

El CO_2 es el principal GEI a nivel mundial (76,7 % según Forster y otros, 2007); no obstante, en sistemas de producción ganaderos es poco relevante comparado con el CH_4 y el N_2O (McAllister y otros, 2011). De acuerdo con Steinfeld y otros (2006) las principales fuentes de emisión de CO_2 derivadas de la ganadería son la deforestación, la desertificación por sobrepastoreo, la quema de combustibles fósiles y la producción de fertilizantes sintéticos. Tanto la deforestación como la desertificación tienen detrás procesos emisores de CO_2 (quema de biomasa, oxidación de la materia orgánica, respiración de microorganismos del suelo, entre otros).

En Uruguay, la deforestación generada por la ganadería es prácticamente nula. Asimismo, los cultivos forestales han contribuido con la fijación de CO_2 , en una magnitud que duplica las emisiones de este gas en 2004 (MVOTMA, 2010). Por otro lado, la oxidación de la materia orgánica generada por la erosión de suelos puede ser un elemento a considerar a la hora de evaluar las interacciones entre las prácticas agrícolas y de manejo del pastoreo.

La principal fuente de emisiones de GEI en sistemas de producción ganaderos es la fermentación entérica, que genera CH_4 como subproducto

(Beauchemin y otros, 2010; Stewart y otros, 2009). La fermentación anaeróbica de sustratos celulósicos y/o almidonosos libera como subproducto H^+ libres que son captados por los microorganismos metanogénicos presentes en el rumen. Este mecanismo actúa como buffer para mantener el pH del rumen en valores estables para la actividad celulolítica. Las variaciones en las emisiones por animal dependen de la edad y el peso del animal y de la cantidad y calidad del alimento consumido (Eggleston y otros, 2006). La metanogénesis es dependiente (entre otros factores) de la digestibilidad de la dieta suministrada a los animales, siendo menores las emisiones a medida que aumentan los niveles de alimentos concentrados. El factor de conversión de CH_4 (Y_m) indica el porcentaje de la energía metabolizable que se pierde como CH_4 . Kebreab y otros (2008) y Harper y otros (1999) identificaron mayores Y_m en animales alimentados con proporciones crecientes de forraje en la dieta.

El N_2O se produce biológicamente en el suelo a partir de los procesos de nitrificación (oxidación aeróbica del amonio en nitrato, produciendo N_2O como subproducto) y desnitrificación (reducción anaeróbica del nitrato a nitrito cuyo productos finales son N_2O y N_2 ; Irisarry, 2009). La disponibilidad de N inorgánico en el suelo y condiciones anóxicas promueven las emisiones de N_2O (Irisarry, 2009). En sistemas ganaderos sus principales fuentes son la aplicación de fertilizantes nitrogenados y la desnitrificación a partir del manejo de las heces y orina.

Tomando este marco como referencia, donde la ganadería aparece como uno de los sectores claves en las emisiones de GEI, generando además otros efectos negativos sobre ecosistemas naturales y procesos de degradación de recursos naturales, como erosión y desertificación, es que han surgido posicionamientos con respecto a los sistemas pastoriles, que los cuestionan por contribuir en mayor proporción a las emisiones de GEI por kilogramo de producto respecto a los sistemas a corral.

Una visión contrastante con la anterior valora a los rumiantes como capaces de aprovechar fibras (celulosa, hemicelulosa y lignina) y convertirlas en productos de valor agregado; esto incluye a las pasturas nativas y a productos derivados de la industria (Oltjen y Beckett, 1996; Garnett, 2009). Asimismo, reconocen a estos animales como actores claves en el proceso de mantenimiento de los ecosistemas pastoriles, manteniendo sus servicios ecosistémicos asociados (regulación del ciclo hidrológico y de nutrientes, minimización de la erosión del suelo, reservorios de biodiversidad entre otros) (Oltjen y Beckett, 1996). Otra característica valorada de los sistemas ganaderos pastoriles es que no compiten con fuentes de alimento que podrían

ser utilizadas por los seres humanos, como los granos (Oltjen y Beckett 1996; Garnett, 2009; Janzen, 2011).

Una forma de estimar las emisiones de GEI es la HC, definida como «la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto» (UK Carbon Trust, 2010). La forma de expresar la HC de un producto es en base a las emisiones de CO₂ equivalente por unidad de producto; generalmente la unidad son kg CO₂ eq.kg⁻¹ de carne (Crosson y otros, 2011). Para su cálculo se cuantifican las emisiones (directas e indirectas) de los insumos utilizados para la producción, comercialización, transporte y procesamiento del producto, así como aquellas emisiones generadas para la disposición final de los desechos.

La HC está empezando a ser reclamada por las grandes cadenas de supermercados para la compra de los productos y algunos países de Europa que están reglamentando el etiquetado (por ejemplo, Francia dispone de la ley Grenelle, aplicada a partir del 2012).

Existen varios modelos desarrollados en Norteamérica y Oceanía que evalúan las emisiones de GEI de la ganadería, haciendo foco principalmente en las emisiones de CH₄ (Vergé y otros, 2008; Kebreab y otros, 2008). Otros modelos han incorporado al N₂O y CO₂ y definido los límites a nivel de sistema de producción (Little y otros, 2008; Wheeler y otros, 2008). Los resultados de estos modelos, si bien sirven como una aproximación a la problemática, no se ajustan a las particularidades de los sistemas de base pastoril como los de Uruguay, ya que no disponen de la flexibilidad para modificar sus factores de emisión o los parámetros de funcionamiento de los sistemas.

Estimar las emisiones de GEI de los sistemas de producción de carne de Uruguay con modelos ajustados a sus condiciones de producción es fundamental para competir en mercados internacionales, que en un futuro cercano pueden usar esta información como barrera no arancelaria. En este marco, actores nacionales públicos (INAC, MGAP, LATU) y privados (grupos de productores) demandan conocer dichas emisiones y sus vías de mitigación.

Las estimaciones de emisiones de GEI a escala animal, predial, regional y global mediante modelos resultan claves para comprender estos procesos e identificar aquellas variables que más influyen sobre las emisiones (McAllister y otros, 2011). No obstante, muchos modelos poseen rangos de incertidumbre amplios y están diseñados para trabajar a cierta escala y bajo ciertos supuestos, por lo que no son siempre extrapolables.

7.1.1. Emisiones de GEI en sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay

La fase de invernada de la producción cárnica presenta sistemas de producción muy contrastantes en su base alimenticia, incluyendo pasturas naturales, pasturas sembradas y alimentos concentrados (granos), y es relevante identificar los mecanismos de mitigación para cada sistema. Estos mecanismos generalmente se asocian a estrategias de intensificación de la producción (Pelletier y otros, 2010; Stewart y otros, 2009) cuyos efectos a nivel de otras variables ambientales, como la erosión y el balance de energía, deben ser evaluados para conocer posibles compromisos (*trade-offs*).

Se estimó la HC parcial para sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay con base alimenticia contrastante: campo natural, pasturas sembradas y granos en confinamiento (*feedlot*), considerando sistemas teóricos extremos definidos por expertos. Para los cálculos se utilizaron las ecuaciones del nivel 2 del IPCC (Eggleston y otros, 2006). Se incluyeron la extracción, fabricación y transporte de insumos, las emisiones directas e indirectas de la fertilización nitrogenada y de combustión diesel para la producción de pasturas y cultivos. En los *feedlot* se consideró además la quema de combustible fósil para cosecha y distribución de los alimentos (la metodología se describe en detalle en Modernel, 2011).

En los sistemas pastoriles la mayor parte de las emisiones provinieron de CH₄ (75 % para el campo natural, 51 % para pasturas sembradas), mientras que en el *feedlot* las emisiones de CH₄ fueron similares a las de N₂O (40 %). Las emisiones de dióxido de carbono son relevantes solo en corrales de engorde (18 %) e insignificantes en el sistema pastura sembrada (4 %) y campo natural (0 %). La mayor fuente de emisiones en todos los sistemas es la fermentación entérica, seguida por el estiércol en los sistemas pastoriles y fertilización nitrogenada en el *feedlot* (cuadro 6). Las emisiones totales del *feedlot* fueron el 42 % de las de campo natural, mientras que las emisiones de GEI del sistema de pasturas sembradas fueron un 85 % del de campo natural.

Cuadro 6. Emisiones de GEI de sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay

		Campo natural	Pastura	Feedlot
Emisiones GEI (kg CO ₂ -eq/kg PV)	CH ₄	14.5	6.6	2.3
	N ₂ O	4.8	5.6	2.4
	CO ₂	0.0	0.4	1.0
	Total	19.3	12.6	5.7
Fuente de emisión (%)	Fermentación entérica	73.7	52.7	31.8
	Estiércol	25.7	33.4	20.1
	Fertilizante N	0.0	4.4	20.9
	Residuo de cultivo	0.5	6.8	10.6
	Producción cultivos	0.0	2.8	16.7
	Total	100	100	100

Los parámetros del IPCC han sido cuestionados debido a que no tienen en cuenta la heterogeneidad local. En este estudio se evaluó la sensibilidad a los dos parámetros claves para el metano (Ym) y óxido nitroso (EF3). Para ambos coeficientes se modificó el valor predeterminado del IPCC por los valores máximos y mínimos reportados por el IPCC. Las emisiones totales de GEI para cada sistema son sensibles a Ym y EF3 en magnitudes que van desde 2 a 51 % del valor obtenido con el coeficiente utilizado por defecto. El mayor impacto global proviene de cambiar el EF3 del sistema campo natural. Este EF tiene poco efecto sobre el sistema de *feedlot*, debido al papel menos relevante de N₂O del manejo del estiércol y el rango de variación más pequeña de los escenarios.

7.1.2. Erosión del suelo y el uso de energía fósil en sistemas de invernada vacuna de Uruguay

Si bien el centro del estudio fue trabajar en emisiones de GEI, se estimaron otros impactos ambientales con el fin de tener una perspectiva más amplia de estos sistemas de producción.

Se analizaron las tasas de erosión de suelo utilizando el modelo Erosión 5.0 (García Préchac y otros, 2005) y el balance de energía utilizando el modelo de Agroenergía (Llanos, 2011). Estas cifras adquieren importancia en un sentido local para conocer los impactos sobre el suelo por la producción animal. También son importantes en una perspectiva de los sistemas de conjunto, ya que los requisitos del sistema de producción no son los mismos en todo el mundo y tienen diferencias específicas, debido a las condiciones agroecológicas.

La rotación de cultivos asociados al corral de engorde genera mayores tasas de erosión (8,5 mg/ha) que en campo natural y pasturas sembradas (2,3

mg/ha cada una). Si estas cifras se multiplican por el área de cada sistema necesario para terminar un novillo (1,19, 0,69 y 0,42 ha/animal para campo natural, pasturas sembradas y *feedlot*) y se dividen por los 150 kg obtenidos en cada sistema, la erosión total, expresada en kg de suelo perdido por kg de PV fue más alta en *feedlot* (23,7 kg de suelo/kg PV), intermedia en campo natural (18,2 kg de suelo/kg PV) y menor en pasturas sembradas (10,6 kg de suelo/kg PV). En comparación con el sistema de pasturas sembradas, la erosión del suelo fue de 72 % mayor en el campo natural y 124 % más alta en el sistema de *feedlot*.

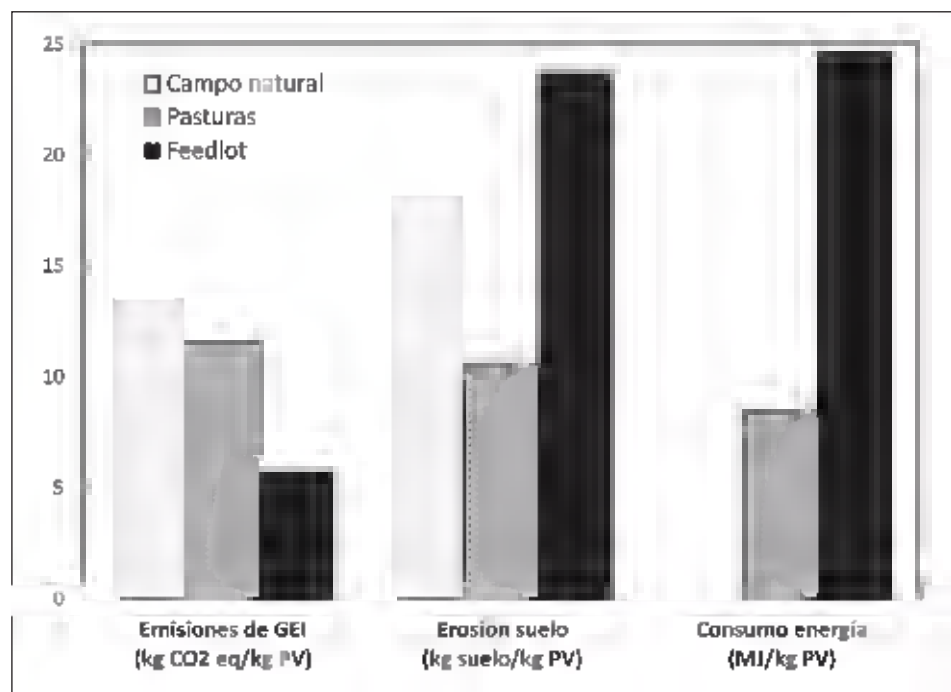
La energía exportada como carne para los tres sistemas fue de 13,2 MJ/kg PV. El consumo de energía para el sistema de *feedlot* fue de 24,7 MJ/kg de PV, para pasturas sembradas de 8,5 MJ/kg de peso vivo y 0 para el sistema de campo natural (no hay aporte de energía fósil). Los cálculos del balance de energía mostraron que los sistemas pastoriles producen más energía de la carne que la energía fósil consumida. Por otro lado, el sistema de *feedlot* consume más energía fósil que la que se produce como carne, por lo que tiene un equilibrio energético negativo (-11,5 MJ/kg PV) y una proporción de energía consumida/producida de 1.9. La energía consumida en el sistema de pastura sembrada fue el 34 % de aquella consumida en el *feedlot*.

Los resultados sugieren que los sistemas pastoriles tienen un balance de energía positivo. Por lo tanto, en nuestras condiciones y con nuestros pastizales, los sistemas de pastoreo tienen un mejor balance energético que los corrales de engorde.

7.2. Conclusiones

La modelación demostró que en nuestras condiciones, los sistemas confinados tienen menos emisiones de GEI que los sistemas pastoriles, pero los sistemas pastoriles tienen menos erosión del suelo y son energéticamente más eficientes en la transformación de combustibles fósiles en carne (gráfico 17). Este *trade-off* entre las emisiones de GEI, la erosión del suelo y el uso de energía fósil desafía el hecho de concentrarse exclusivamente en la HC como una medida de la sostenibilidad de la producción de carne. Mientras que la HC es un indicador relevante para los productos de exportación y debe ser considerada por los tomadores de decisiones, la erosión del suelo y el uso de la energía son igualmente importantes para la sostenibilidad de los productores actuales y futuros a nivel local. Este estudio resalta la importancia de analizar los sistemas de producción desde una perspectiva amplia para evaluar los impactos ambientales reales y sugerir políticas.

Gráfico 17. Indicadores ambientales (emisiones de GEI, erosión de suelos y energía consumida) para tres sistemas de producción de invernada vacuna de Uruguay



Bibliografía

BEAUCHEMIN, K.; JANZEN, H. H.; LITTLE, S.; McALLISTER, T.; MCGINN, S. (2010): «Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study», *Agricultural Systems*, 103: 9.

CROSSON, P.; SHALLOO, L.; O'BRIEN, D.; LANIGAN, G. J.; FOLEY, P. A.; BOLAND, T. M.; KENNY, D. A. (2011): «A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems», *Animal Feed Science and Technology*, 166-167

ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N. E.; BEAUCHEMIN, K.; MCGINN, S.; NKUMAH, J. D.; MOORE, S. S.; CHRISTOPHERSON, R.; MURDOCH, G. K.; MCBRIDE, B. W.; OKINE, E. K.; FRANCE J. (2009): «Modeling methane production from beef cattle using linear and nonlinear approaches», *Journal of Animal Science*, 87: 11.

EUROPEAN COMMISSION (2006): «Environmental impact of products (EIPRO): Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU25», *European Commission Technical Report EUR 22284*. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf>. [Fecha de acceso: 15 de octubre de 2010].

FAO (2006): *World Agriculture: Towards 2030/2050*, Roma, p. 71.

—(2001): *Global estimates of gaseous emissions of NH₃, NO and N₂O from agricultural land*. Roma. International Fertilizer Industry Association, p. 106.

FORSTER, P.; RAMASWAMY, V.; ARTAXO, P.; BERNTSEN, T.; BETTS, R.; FAHEY, D. W.; HAYWOOD, J.; LEAN, J.; LOWE, D. C.; MYHRE, G.; NGANGA, J.; PRINN, R.; RAGA, G.; SCHULZ, M.; VAN DORLAND, R. (2007): «Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing», *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge. Cambridge University Press, pp. 129-234.

GARCÍA PRÉCHAC, F., CLÉRICI, C., HILL M., BRIGNONI A.: *Erosion versión 5.0, Programa de computación para el uso de la USLE/RUSLE en la Región Sur de la Cuenca del Plata. Versión operativa en Windows. DINAMA-UNDP, Proyecto URU/03/*

G31 y CSIC-UDELAR. Disponible en: <<http://www.fagro.edu.uy/~manejo/>>. [Fecha de acceso: 20 de junio de 2011].

GARNETT, T. (2009): «Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers», *Environmental Science and Policy*, p. 12.

GARNETT, T.: «Cooking up a storm: Food, greenhouse gas emissions and our changing climate», *Food Climate Research Network. Centre for Environmental Strategy. University of Surrey*. Disponible en: <<http://www.fcrn.org.uk/fcrn/publications/cooking-up-a-storm>>. [Fecha de acceso: 15 octubre 2010].

HARPER, L. A.; DENMEAD, O. T.; FRENEY, J. R.; BYERS, F. M. (1999): «Direct Measurements of Methane Emissions from Grazing and Feedlot Cattle», *Journal of Animal Science*, p. 10.

METZ, B.; DAVIDSON, O. R.; BOSCH, P. R.; DAVE, R.; MEYER, L. A. (2007): *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.

EGGLESTON H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (2006): *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, IGES, Tokyo.

IRISARRY, P. (2009): *Emisiones de metano y óxido nitroso: principales gases de efecto invernadero producidos por el sector agropecuario en Uruguay*, Montevideo, p. 79.

JANZEN, H. H. (2011): «What place for livestock on a re-greening earth?», *Animal Feed Science and Technology*, 166-167.

KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; FRANCE, J. (2009): «Recent advances in modeling nutrient utilization in ruminants», *Journal of Animal Science*, 87:12.

KEBREAB, E.; JOHNSON, K. A.; ARCHIBEQUE, S. L.; PAPE, D.; WIRTH, T. (2008): «Models for estimating enteric methane emissions from US cattle», *Journal of Animal Science*, 86: 11.

LASSEY, K. R. (2007): «Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle», *Agricultural and Forest Meteorology*, 142: 13.

LITTLE, S., LINDERMAN, J., MACLEAN, K., JANZEN, H. (2008): «HOLOS – a tool to estimate and reduce greenhouse gases from farms» *Agriculture and Agri-Food Canada*, 158 p.

LLANOS, E. (2011): *Eficiencia energética en sistemas lecheros del Uruguay*. Tesis maestría. Facultad de Agronomía, UDELAR, Montevideo, p. 48.

MCALLISTER, T. A.; BEAUCHEMIN, K. A.; HAO, X.; MCGINN, S. M.; ROBINSON, P. H. (2011): «Greenhouse gases in animal agriculture-Finding a balance between food production and emissions», *Animal Feed Science and Technology*, 166-167: 6.

MVOTMA (2010): *Inventario nacional de gases de efecto invernadero 2004. Resumen ejecutivo*, Montevideo, p. 39.

OLTJEN, J. W. y BECKETT, J. L. (1996): «Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems», *Journal of Animal Science*, p. 74.

PELLETIER, N.; PIROG, R.; RASMUSSEN, R. (2010): «Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States», *Agricultural Systems*, 103: 10.

PITESKY, M.; STACKHOUSE, K.; MITLOEHNER, F. (2009): «Clearing the Air: Livestock's Contributions to Climate Change», *Advances in Agronomy*, 103: 40.

ROTZ, C.; CORSON, M.; CHIANESE, D.; COINER, C. (2009a): «The integrated farm system model. Reference Manual. USDA. Pasture Systems and Watershed Management Research Unit», *Agricultural Research Service*, 188 p.

ROTZ, C. A., SODER, K. J., SKINNER, R. H., DELL, C. J., KLEINMAN, P. J., SCHMIDT, J. P., BRYANT, R. B. (2009b): «Grazing can reduce the environmental impact of dairy production systems», *Forage and Grasslands*, 10 p.

SCHILS, R. L. M.; OLESEN, J. E.; DEL PRADO, A.; SOUSSANA, J. F. (2007): «A review of farm level modelling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock systems», *Livestock Science*, 112: 10.

SNYDER, C. S., BRUULSEMA, T. W., JENSEN, T. L., FIXEN, P. E. (2009): «Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133: 20.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; de HAAN, C. (2006): *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, FAO/Livestock Environment and Development, Roma, 390 p.

STEWART, A.; LITTLE, S. M.; OMINSKI, K. H.; WITTENBERG, K. M.; JANZEN, H. H. (2009): «Evaluating greenhouse gas mitigation practices in livestock systems: an illustration of a whole-farm approach», *Journal of Agricultural Science*, 147: 16.

SUBAK, S. (1999): «Global environmental costs of beef production», *Ecological Economics*, 30: 13.

UK Carbon trust. Disponible libremente en: <http://www.carbontrust.co.uk/Pages/Default.aspx>. [Fecha de acceso: 12 de junio de 2010].

VERGÉ, X. P. C.; DYER, J. A.; DESJARDINS, R. L.; WORTH, D. (2008): «Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry», *Agricultural Systems*, 98: 9.

VON BERNARD, H.; VILARINO, V.; PIÑEIRO, G. (2007): Theoretical emission of methane in three systems to fatten cattle in Argentina», *Ciencia investigación agraria*, 34: 9.

Wheeler, D. M.; Ledgard, S. F.; de Klein, C. A. M. (2008): «Using the OVERSEER nutrient budget model to estimate on-farm greenhouse gas emissions», *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48: 5.

Capítulo 8

Análisis de las emisiones de GEI en sistemas criadores del Uruguay

Gonzalo Becoña,⁴⁶ Laura Astigarraga⁴⁷ y Valentín Picasso⁴⁸

Resumen:

Este trabajo se enmarca en los resultados de la tesis de maestría titulada *Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas criadores del Uruguay* (Maestría en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, UDELAR, 2012).

Como objetivo, este estudio se plantea evaluar el impacto ambiental de sistemas criadores en Uruguay, desde el punto de vista de las emisiones de GEI y las variables que se asocian en tal sentido. El método utilizado fue un análisis de ciclo de vida (ACV) dentro del cual se recurrió a la HC para estimar las emisiones de GEI, expresadas en CO₂ equivalente (CO₂-e), por unidad funcional, definida como los kilogramos de ternero destetado del sistema. El estudio se realizó exclusivamente sobre la fase primaria (hasta la portera), a nivel de 16 establecimientos criadores ubicados en distintas partes del país. Los resultados indican que en sistemas criadores el principal GEI emitido es el CH₄ producto de la fermentación ruminal (74 %), seguido por las emisiones directas de N₂O (20 %). La HC promedio estimada fue de 35 kg CO₂-e/kg ternero destetado, con un rango entre mínimo y máximo de 22 y 52, respectivamente. Al analizar regresión de la HC con las variables productivas, se destacan los kg de ternero destetado por vaca entorada, que presenta una regresión negativa

46 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Instituto Plan Agropecuario.

47 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Departamento de Producción Animal. Facultad de Agronomía, UDELAR, Uruguay.

48 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía, UDELAR, Uruguay.

que individualmente explican 62 % de la variación en HC. Los resultados indican que existe una gran variación en la HC entre los sistemas criadores en el Uruguay y se puede caer en un error al manejar promedios nacionales, debido a que variaciones en la performance productiva inciden sobre la HC.

8.1. Introducción

En los últimos años, la creciente preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático (IPCC, 2007) ha impulsado a las organizaciones e instituciones a profundizar su conocimiento respecto a los GEI y su dinámica (Schneider & Samaniego, 2010). En particular, para las cadenas de producción de alimentos, la atención se ha centrado en los impactos ambientales del enriquecimiento de nutrientes en las aguas y la contribución de los GEI al calentamiento global (Ledgard y otros, 2004). El CO₂ es el principal GEI de origen antropogénico a nivel mundial (IPCC, 2007). Un reciente estudio de la FAO determinó que la producción animal es responsable del 18 % de las emisiones de GEI, el 37 % de las emisiones de metano (CH₄) producido principalmente por la digestión de rumiantes y el 65 % de las emisiones de óxido nitroso (N₂O) generada principalmente por el estiércol (Steinfeld y otros, 2006). En Uruguay, según el último Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, el 80 % de las emisiones de GEI provienen de la agricultura y, en particular, de la ganadería, donde el aporte del CH₄ y el N₂O representan el 56 y 30 %, respectivamente, de las emisiones globales (DINAMA, 2010).

En este contexto, la HC es un indicador reconocido internacionalmente para comprender la dinámica de los GEI relacionados a los procesos productivos o consumo de bienes y servicios de los seres humanos (Schneider & Samaniego, 2010). La HC se define como las «emisiones totales de gases invernadero (expresada como CO₂-equivalente),⁴⁹ de una unidad de producto a través de todo su ciclo de vida, desde producción de materias primas hasta disposición del producto terminado; excluyendo las emisiones por uso del producto» (Sinden, 2008). Es, asimismo, un indicador de eficiencia productiva, donde sistemas de producción más eficientes en términos de productividad/ha han mostrado menores valores de HC (Becoña y otros, 2010, Williams y otros, 2007). En productos agropecuarios al menos un 70 % de la HC se genera por procesos desarrollados dentro de la explotación, hasta la «portera del establecimiento» (Ledgard y otros, 2011).

49 Sumatoria de los distintos gases invernadero, luego de que sus cantidades han sido transformadas en CO₂e mediante el uso de los respectivos potenciales de calentamiento global (PCGs).

Estimaciones de HC de la carne vacuna teniendo en cuenta sistemas con cría base pastoril y terminación en *feedlot* determinan que la fase criadora puede aportar el 80 % de las emisiones totales, siendo el CH₄ el principal gas emisor con el 68 % fundamentalmente de la fermentación ruminal (Beauchemin y otros, 2010). En la comparación de sistemas donde además de la terminación a *feedlot* se incluyen terminaciones a base pastoril, la participación de la cría disminuye en proporción a un 63 % (Pelletier y otros, 2010). Estos datos concuerdan con los hallados por Casey & Holden (2006) en Irlanda, de la comparación entre diversos sistemas, donde al hablar de emisiones en producción de carne el sistema criador es la fuente más importante, incrementando su aporte cuanto menos tiempo sea la terminación, siendo la recría y el engorde de terneros de sistemas lecheros la fuente más importante de mitigación de GEI.

A nivel internacional existen varios modelos para estimar la HC, con parámetros y supuestos que difieren generalmente entre países (Schneider & Samaniego, 2010). Esta razón determina que el aspecto metodológico resulte de vital importancia, ya que no existe una normativa de validez internacional y diferencias en la utilización de factores de emisión. En función de esto adquiere gran relevancia el tener en cuenta que la estimación de la HC de un mismo producto difícilmente pueda ser comparable. No obstante, existe consenso internacional acerca de que el conocer la HC con las mismas consideraciones permite identificar rutas para controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto. En Uruguay, la industria de la carne es una de las actividades de mayor valor económico, social y ambiental. En particular la cría vacuna ocupa 54 % de la superficie agropecuaria nacional y se ha caracterizado históricamente por bajos indicadores de eficiencia productiva (MGAP, 2010). Esto hace suponer que esta fase dentro de la cadena de producción de carne vacuna representa el aporte más importante a la HC nacional, en la cual los bajos indicadores productivos podrían incidir de forma importante. Por esta razón, la motivación de este estudio hace foco en determinar en qué medida los indicadores productivos pueden incidir en la HC de la fase criadora.

Los antecedentes consultados basan las estimaciones a partir de sistemas modelados, producto de resultados estadísticos de producción, alimentación (Beauchemin y otros, 2010), consultas especialistas (Pelletier y otros, 2010; Veyssset y otros, 2010) o sistemas típicos nacionales (Ogino y otros, 2007; Casey & Holden, 2006). Al constatar que la principal fuente de emisión proviene fundamentalmente de la fermentación ruminal, la mayoría de los trabajos hacen énfasis en aspectos cuali-cuantitativos de la dieta y en menor medida a diferencias entre sistemas de producción (Casey & Holden,

2006). No obstante, se plantea la interrogante sobre el peso relativo de mejoras en la performance productiva, disminución en las muertes de terneros o mejoras en la conversión del alimento (Beauchemin y otros, 2010). Este trabajo tiene como objetivo confeccionar un modelo de estimación de la HC para las condiciones nacionales de sistemas de cría vacuna. En segundo lugar, se pretende analizar las fuentes de emisiones de GEI en 16 establecimientos criadores en el Uruguay. Asimismo, se evaluaron las variables productivas que se asocian a las emisiones de GEI para identificar posibles caminos de reducción de la HC. La hipótesis de trabajo es que la HC en sistemas criadores en el Uruguay está directamente asociada a los indicadores de eficiencia productiva, tales como porcentaje de marcación, peso, destete, edad de entore de vaquillonas.

8.2. Materiales y métodos

El trabajo se dividió en tres etapas. En primer término, se diseñó un modelo de cálculo basado en una planilla de cálculo para cuantificar las emisiones provenientes de cada actividad. Posteriormente se recabó información de 16 predios criadores en distintas zonas del país y, por último, se corrió el modelo para los establecimientos y se analizaron los resultados.

8.2.1. Modelo de cálculo

El diseño del modelo de cálculo se realizó en base a la *Guía de trabajo* publicada por IPCC (2006), la cual fue desarrollada para la realización de inventarios nacionales de GEI por invitación de la CMNUCC. Dentro de las recomendaciones en la utilización de diferentes cálculos (Tier) que se realizan en la guía, para este estudio se utilizaron ecuaciones por defecto (Tier 1 y Tier 2) y coeficientes técnicos nacionales.

El modelo asume, además, los siguientes supuestos:

- 1) El consumo de forraje, ya sea de campo natural como de mejoramientos de campo natural, se consideró igual a la utilización. En el cálculo del consumo de materia seca (CMS) se tuvo en cuenta un valor similar en digestibilidad y proteína para igual recurso forrajero, pero se ajustó la producción según zona agroecológica (Mieres, 2004).
- 2) Se consideran ganancias de peso promedio de los sistemas y no son tomadas en cuenta posibles pérdidas de peso que se pudieran dar en el proceso, sobre todo en campo natural en invierno. Para los cálculos de requerimientos nutricionales se utiliza un animal de

peso promedio del sistema entre los kilos finales y los iniciales. En el caso de vacas de cría y toros se estableció un peso fijo durante el año.

- 3) Para los requerimientos energéticos de los animales para actividad se utilizaron los valores por defecto del IPCC (17 y 36 % para sistemas pastoriles con alta y baja disponibilidad, respectivamente). Para sistemas pastoriles para condiciones nacionales existe un rango de variación que oscila entre 20 y 60 % (Soca, com. pers.). Para los requerimientos energéticos de los animales para crecimiento (ganancia de peso) se estableció el peso de la población en cada sistema a partir de la opinión de expertos en función de las diferentes razas y tamaño animal. Para los requerimientos energéticos de vacas de cría para gestación y lactación se tuvieron en cuenta los meses de gestación y lactación, a partir del porcentaje de preñez y de destete en cada sistema. Para el caso energía neta lactación se tuvo en cuenta para todo el período una producción de 4 l/día con un contenido graso del 4 %. Dentro del modelo de cálculo existen diferentes submodelos que definirán los insumos que son utilizados posteriormente para el cálculo de emisiones de GEI.

Submodelo nutricional:

El objetivo de este submodelo es estimar los requerimientos de energía bruta (EB) y el CMS de los animales pertenecientes a cada sistema de producción. Para dichos cálculos se toman en cuenta las características del animal (peso inicial y final en el sistema y ganancia diaria) y de la alimentación (calidad de la dieta ofrecida, digestibilidad y proteína cruda) y se calculan los requerimientos nutricionales de los animales en base a ecuaciones establecidas por el National Research Council (NRC) y Agricultural and Food Research Council (AFRC).

En base a los datos de los productores del uso del suelo de cada sistema para las tres fuentes alimenticias prioritarias (campo natural, pasturas mejoradas y praderas sembradas), diferenciando la productividad según zona agroclimática (monitoreo satelital de pasturas, proyecto «Lart» Plan Agropecuario, UBA, y opinión de expertos) y utilizando la misma calidad para cada fuente (Mieres, 2004) se determinó la energía aportada en la dieta en cada sistema y el consumo de los animales de acuerdo a ecuación de IPCC 2006.

Submodelo emisiones:

Este modelo utiliza la información generada a partir del submodelo de nutrición y calcula emisiones de CO_2 , CH_4 y N_2O . Es importante resaltar que estos dos últimos gases, debido a la enorme capacidad de absorción de la radiación infrarroja y persistencia, determinan que el potencial de calentamiento global sea de 25 y 298 veces la del dióxido de carbono, respectivamente (IPCC, 2007). Las emisiones varían según la fuente, pudiendo provenir producto de la actividad fisiológica del animal, uso del suelo o producto del uso de combustible fósil (cuadro 7).

Al tratarse de sistemas pastoriles las deyecciones se realizan directamente en el campo y no se hace tratamiento de efluentes. Por esta razón, las emisiones de N_2O que pudieran existir provenientes del estiércol y no se contabilizan como pertenecientes a fuente de emisión animal, son consideradas directa e indirectamente como fuente de emisión del suelo.

Cuadro 7. Ecuaciones de cálculo considerando fuentes de emisión animal y actividades responsables

Gas	Fuente	Ecuación/factor emisión	Referencia
Metano	Fermentación ruminal	$CH_{4Fer} = (EB * (Y_m / 100) * días) / 55.65$ Ym_ relacionado a la % digestibilidad	IPCC, 2006 Cambra-Lopez y otros, 2008
	Excreción pastura	$CH_{4Est} = VS * días * [B_o * 0.67 * (MCF / 100) * ms]$	IPCC, 2006
Óxido nitroso directo	Aplicación N suelo (fertilizante)	$N_2O_D = [F_{SN} * EF_1 + F_{PRP} * EF_3] * 44 / 28$ $EF_1 \text{ } 0.01 \text{ kg N}_2\text{O}-\text{N (kg N)}-1$ $EF_3 \text{ } 0.02 \text{ kg N}_2\text{O}-\text{N/kg N}$	IPCC, 2006
Óxido nitroso indirecto	Excreción pastura	Nex = N cons. * (1 - N ret.)	
	Excreción pastura volatilización	$N_2O_{ATD} = [(F_{SN} * Frac_{GasF}) + (F_{PRP} * Frac_{GasM})] * EF_4 * (44 / 28)$ $Frac_{GasF} \text{ } 0.1$ $Frac_{GasM} \text{ } 0.2$ $EF_4 \text{ } 0.01 \text{ kg N}_2\text{O}-\text{N}$	IPCC, 2006
	Lixiviación	$N_2O_L = [(F_{SN} + F_{PRP}) * Frac_L * EF_5] * 44 / 28$ $Frac_L \text{ } 0.3$ $EF_5 \text{ } 0.0075 \text{ kg N}_2\text{O}-\text{N}$	IPCC, 2006
Dióxido carbono	Energía para siembra y aplicación fertilizante	$CO_2 = Combustible (l) \times EF_c$ $EF_c \text{ } 3 \text{ kg CO}_2/\text{kg diesel}$	MVOTMA, 2010
	Producción y transporte de fertilizante N	$3.18 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$	MGAP, 2010
	Producción y transporte de fertilizante P	$1.43 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$	MGAP, 2010
	Energía para producción herbicida	$18.25 \text{ kg CO}_2/l$	Lal, 2004
	Energía producción semilla	$0.13-0.38 \text{ kg CO}_2/\text{kg}$	MGAP, 2010

* CH_{4Ent} = emisiones metano fermentación ruminal, EB = energía bruta, Y_m = factor conversión metano, como porcentaje de la energía bruta, CH_{4Man} = emisiones metano debido excreciones, VS = sólidos volátiles excretados diariamente, B_o = máxima capacidad de producción metano del estiércol producido, MCF = factor conversión metano del estiércol, MS = manejo estiércol, N_2O_D = emisiones directas de N_2O -N del suelo, F_{SN} = cantidad fertilizante aplicado suelo, EF_1 = factor emisión N_2O del agregado de N, F_{PRP} = orina y bosta N depositada por los animales en pastoreo en los potreros, EF_3 = factor emisión N_2O de orina y bosta depositada sobre área pastoreo, N_{ex} = promedio N excretado, N_{intake} = N consumido, $N_{retention}$ = N retenido del consumido, N_2O_{ATD} = N volatilizado, $Frac_{GasF}$ = fracción N volatilizado del fertilizante sintético N aplicado, $Frac_{GasM}$ = fracción N volatilizado del fertilizante orgánico N y orina y bosta de animales en, EF_4 = factor emisión N_2O de deposiciones atmosféricas de N suelo y aguas superficiales, $Frac_L$ = fracción lixiviado del N aplicado/mineralizado, EF_5 = factor emisión N_2O del N lixiviado o escurrido, EF_c = factor emisión CO_2 de combustible.

En las emisiones correspondientes al uso del suelo, se consideran las distintas fuentes de ingreso de nitrógeno al sistema. Por tratarse de sistemas pastoriles donde la oferta de alimentos proviene exclusivamente de campo natural, mejoramientos de campo, praderas y verdeos, se contabilizan como ingresos de nitrógeno los provenientes de aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y el nitrógeno del estiércol. Se asume que los sistemas se encuentran estabilizados en el uso del suelo, por lo que no se contabiliza el nitrógeno que pudiera haberse mineralizado asociado al cambio del uso del suelo. La fijación biológica del nitrógeno no es considerada en los ingresos de nitrógeno al sistema por carecer de evidencia significativa de emisiones (Rochette y Janzen, 2005, citada por IPCC, 2006).

En el caso de combustión de energía fósil se contabilizaron las correspondientes a: prácticas agrícolas (pulverización, siembra, refertilizaciones), manufactura y transporte de fertilizantes y herbicidas desde origen hasta el establecimiento, producción y transporte semillas. Para evitar errores de cálculo y por tratarse de despreciable, no se contabilizaron consumos de energía proveniente de capital o transportes personales de los responsables de los sistemas de producción.

8.2.2. Sistemas de producción

Para realizar un estudio completo de la HC en la fase primaria de la cadena cárnica, se deben contemplar las emisiones a lo largo de todo el proceso de producción, desde la fase criadora hasta la terminación de los animales. Diversos trabajos nacionales constataron que existen diferencias entre sistemas de producción (Becoña y otros, 2010) e incluso entre los distintos tipos de invernada en el Uruguay (Modernel, 2011). Si bien los sistemas criadores no presentan grandes diferencias estructurales entre las diversas regiones del país, existe una alta variabilidad en productividad entre sistemas, la cual al agregarle la variabilidad climática interanual genera incluso mayores diferencias. Por esta razón, para el presente estudio se utilizó el ejercicio 2010/11, que se asumió que configuraría un período en el cual los sistemas presentan mayor estabilidad y minimizarían los efectos causados por la sequía 2008/09.

Para el estudio se tomaron 16 establecimientos criadores reales, provenientes del Monitoreo de Empresas Agropecuarias del IPA, ubicados en diferentes regiones del país, con diferencias en el uso del suelo, en el manejo y por consiguiente en los resultados productivos (cuadro 8).

Cuadro 8. Características promedio, mínimo y máximo de uso del suelo, manejo y resultado productivos de los 16 sistemas evaluados

	Características Establecimientos	Unidad	Prom.	Mín.	Máx.
Superficie	Pastoreo	Ha	712.6	154.0	2316.0
Uso suelo	Campo natural	%	83	0	100
	Praderas sembradas	%	2	0	18
	Pasturas mejoradas	%	10	0	34
	Verdeos invierno	%	1	0	7
Dotación	Dotación total	LU/ha	0.8	0.5	1.3
Indicador productivo	Marcación vacuna	%	73	46	95
	Peso destete	Kg	157	130	190
	Carne vacuna	kg/ha	120	64	183
Cantidad y calidad dieta	Digestibilidad	%	56	55	60
	Proteína cruda	%	10	9	14
	Producción de forraje (estimada)	kgDM/ha	4408	3250	6932

Fuente: Plan Agropecuario, 2011.

El producto de la cría vacuna son los kilogramos de ternero destetado del sistema, los cuales son necesarios para estimar la HC global de la carne. Por lo tanto, para estimar la HC en sistemas criadores se calcularon las emisiones globales del sistema y se dividieron por el total de los kilogramos de ternero destetado de ese mismo año (consideramos al sistema estabilizado).

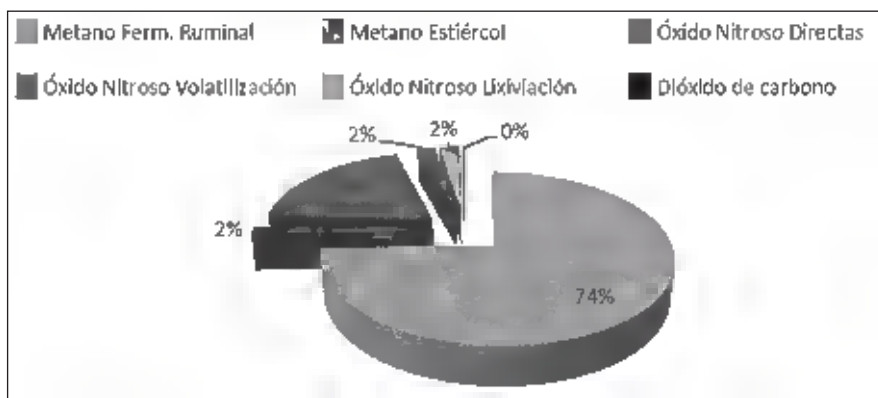
Se realizaron análisis de regresión lineal simple entre la HC y las variables productivas del predio. Se evaluó el coeficiente de regresión (b1) y de determinación (R²).

8.3. Resultados

En el gráfico 18 se presenta la contribución porcentual de las fuentes de emisión de GEI para el promedio de los predios analizados. Como era esperable, en sistemas pastoriles las emisiones de CH₄, en especial las producidas en la fermentación ruminal, ocupan el lugar más importante (74 %), seguidas por el N₂O del suelo (24 %). En estos sistemas las emisiones de la quema de combustible fósil no llegan al 1 % del total.

Los resultados en HC por kg CO₂-e/ kg de ternero destetado muestran una gran rango y dispersión (cuadro 9). Por otra parte, se destaca que distintos manejos y resultados productivos pueden incidir en la HC del sistema.

Gráfico 18. Contribución porcentual de las fuentes de emisión de GEI para el promedio de los sistemas evaluados

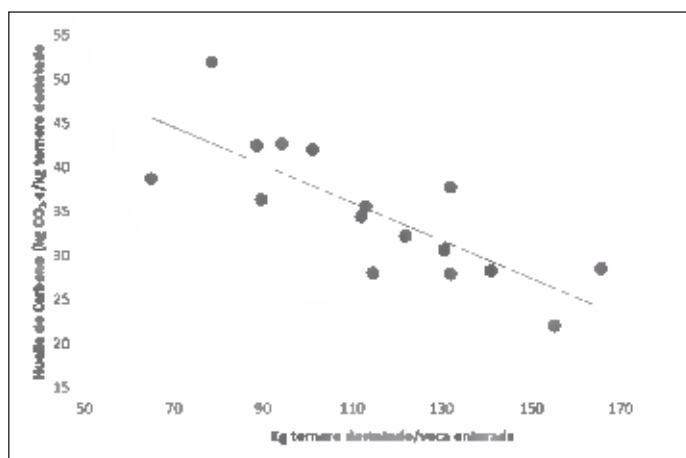


Cuadro 9. Promedio, mínimo, máximo y CV de las emisiones de GEI expresadas por unidad de producto y por unidad de superficie para los 16 sistemas criadores estudiados

Unidad	Promedio	Mínimo	Máximo	CV
kg CO ₂ -e/kg ternero destetado	35	22	52	22
kg CO ₂ /ha vacuna	2008	1249	3514	28

Al analizar los resultados de regresión de los datos de HC con las variables productivas, se destacan los kg de ternero destetado por vaca entorada que presentan una regresión negativa ($y = -0.215x + 59.603$) que individualmente explican 62 % de la variación en HC (gráfico 19).

Gráfico 19. Regresión entre HC y kilogramos de ternero destetado/vaca entorada



Cuando se analizan variables que inciden en la eficiencia productiva del sistema, como aspectos cualitativos y cuantitativos de la producción de forraje y su utilización (consumo estimado con respecto a la producción de forraje del sistema), se observa que la variable que más explica las variaciones en la HC es la digestibilidad del forraje ofrecido, con un R^2 de 27 % solamente.

Si bien la digestibilidad de la pastura es un factor determinante en las emisiones de CH_4 entérico, explica muy poco de la variación de la HC de los sistemas evaluados. También se observa un bajo coeficiente de determinación en variables como producción de forraje, porcentaje de proteína cruda de la dieta y utilización de forraje.

8.4. Discusión

Si bien los resultados obtenidos por otros autores difieren en los métodos de cálculo y supuestos, dan una referencia de cómo se comportan los sistemas criadores pastoriles en otras partes del mundo.

Ogino y otros (2007) en sistemas criadores de Japón, con dietas de base pastoril con el agregado de 2 a 3 kg/día de suplementos concentrados en vacas de cría, observaron que las emisiones CH_4 contribuyen un 61.2 % de la HC total de la carne. Por su parte Beauchemin y otros (2010), en otro estudio donde la dieta durante la fase criadora fue exclusivamente en base forrajes de alta calidad y la terminación se desarrollaba en *feedlot*, la contribución del CH_4 debido a fermentación entérica representaba el 53 % de la emisiones totales del sistema.

Estos resultados y las estimaciones obtenidas en los sistemas estudiados reafirman que, en sistemas ganaderos, el animal es la principal fuente de emisión. Siendo CH_4 proveniente de la fermentación ruminal es la principal vía de emisión, por lo que indicaría las posibles rutas de mitigación en las emisiones de GEI del sistema.

En sistemas simulados en la bibliografía internacional (Beauchemin y otros, 2010; Ogino y otros, 2007; Pelletier y otros, 2010), los resultados de la HC varían según las condiciones, tipo de alimentación y tipo de animal, entre 18.15 – 30.8 (kg CO_2 -e/kg ternero destetado) y las diferencias pueden ser atribuibles fundamentalmente a la fuente de alimentación, ya que no se perciben grandes diferencias en los indicadores productivos.

La cría vacuna se caracteriza por una diversidad de medidas de manejo que los productores implementan para sustentar su producción, buscando optimizar la eficiencia en el uso de los recursos y así cumplir con los objetivos productivos. Esta variabilidad se traduce en variabilidad de la HC, siendo que

la máxima HC llega a ser más del doble que el establecimiento que presentó la mínima HC.

En el cuadro 10 se resumen algunas de las prácticas de manejo que los productores llevan adelante en estos sistemas contrastantes.

Cuadro 10. *Características de manejo comparando establecimientos con mínima y máxima HC de los 16 predios criadores analizados*

	Unidad	Mín. HC	Máx. HC
HC por producto	Kg CO ₂ -e/ kg td	22	52
Emissiones GEI por superficie	Kg CO ₂ -e/ha	1719	2406
Porcentaje destete	%	82	46
Kg ternero destetado/vaca entorada	kg	123	69
Peso destete	kg	190	170
Digestibilidad dieta	%	58	55
Proteína cruda	%	11	9
Producción forraje	Kg MS/ha	4663	3650
Utilización forraje	%	52	35
Mejoramiento pasturas*	%	18	0
Promedio potrero	ha	21	139

*Mejoramiento pasturas incluye campo natural con agregado de leguminosas, pasturas sembradas y verdeos de invierno.

8.5. Conclusiones

La herramienta, diseñada para la estimación de GEI, permitió evaluar las emisiones de sistemas criadores reales a nivel nacional con diversos manejos del rodeo, recursos forrajeros e indicadores productivos. A partir de la evaluación se pudo constatar que el CH₄ producto de la fermentación ruminal es el principal GEI emitido del sistema, lo cual indica posibles rutas de mitigación de las emisiones globales. La evaluación de los distintos establecimientos a partir de la utilización de la misma metodología en condiciones nacionales indica que existe una gran variación en la HC entre los sistemas criadores para el Uruguay. En una primera evaluación las variaciones de HC pueden ser explicadas mayoritariamente por variables productivas, como los kilogramos de ternero destetado por vaca entorada.

Bibliografía

BEAUCHEMIN, K.; JANZEN, H.; LITTLE, S.; McALLISTER, T.; MCGINN, S. (2010): «Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study», *Agricultural Systems*, 103: 371-379.

BECOÑA, G.; WEDDERBURN, E. (2010): «A comparison of GHG environmental impacts from Uruguayan and New Zealand beef systems», 2020 *Science AgResearch*.

CAMBRA-LÓPEZ, M.; GARCÍA REBOLLAR, P.; ESTELLÉS, F.; TORRES, A. (2008): «Estimaciones de las emisiones de los rumiantes en España: el factor conversión de metano», *Archivos de Zootecnia*, 57 (R): 89-101.

CASEY, J.; HOLDEN, N. (2006): «Quantification of GHG emissions from sucker-beef production in Ireland», *Agricultural Science*, 90: 79-98.

CUSA (2010): Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios. Disponible en: <www.cusa.org.uy>.

MIERES, J. M. (2004): *Guía para alimentación de rumiantes. Serie técnica n.º 142*, Hemisferio Sur, Montevideo, 17-48.

IPCC (2006): *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K. Tanabe). Kanagawa. IGES. Disponible en: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>>.

IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Eds.: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller. Cambridge. Cambridge University Press, p. 996. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html#table-2-14>.

LAL, R. (2004): «Carbon emission from farm operations», *Environment International*, 30: 981-990.

LEDGARD, S.; JOURNEAUX, P.; FURNESS, H.; PETCH, R.; WHEELER, D. (2004): «Use of nutrient budgeting and management options for increasing nutrient use efficiency and reducing environmental emissions from New Zealand farms», *Proceedings of the OECD expert meeting on farm management indicators and the environment*. Palmerston North, p. 11. Disponible en: <<http://www.oecd.org/agr/env/indicators.htm>>.

LEDGARD, S. F.; LIEFFERING, M.; ZONDERLAND-THOMASSEN, M. A.; BOYES, M. (2011): «Life Cycle Assessment-a tool for evaluating resource and environmental efficiency of agricultural products and systems from pasture to plate», *Proceedings of the NZ Society of Animal Production*, 71: 139-148.

MGAP/DIEA (2010): *Anuario Estadístico Agropecuario*. Disponible en: <<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;27;6;MNU>>.

MODERNELL, P. (2011): *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de invernada vacuna de Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencia Agrarias, Facultad de Agronomía, UDELAR.

MVOTMA/DINAMA (2010): *Tercera comunicación nacional. Resumen Ejecutivo*.

OGINO, A.; ORITO, H.; SHIMADA, K.; HIROOKA, H. (2007): «Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow-calf system by the life cycle assessment method», *Animal Science Journal*, 78: 424-432.

PELLETIER, N.; PIROG, R.; RASMUSSEN, R. (2010): «Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States», *Agricultural Systems*, 103: 380-389.

PLAN AGROPECUARIO (2011): disponible en: <www.planagropecuario.org.uy>.

SCHNEIDER, H.; SAMANIEGO, J. L. (2010): «La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios», CEPAL *La vulnerabilidad del comercio internacional frente a la huella de carbono*, Santiago de Chile.

SINDEN, G. PAS 2050:2008. (2008): *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of good and services*, United Kingdom, British Standards Institution, 1-25.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; de HAAN, C. (2006): *Livestock's long shadow environmental issues and options*, FAO, Roma.

VEYSSET, P.; LHERM, M.; BÉBIN, D. (2010): «Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: Model-based analysis and forecasts», *Agricultural Systems*, 103: 41-50.

WHEELER, D. M.; LEDGARD, S. F. y de KLEIN C. A. M. (2007): «Using the OVERSEER nutrient budget model to estimate on-farm greenhouse gas emissions», *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2): 99-103.

WILLIAMS, A.; PELL, J.; WEBB, J.; TRIBE, E.; EVANS, D.; MOORHOUSE, E.; WATKISS, P. (2007): *Final Report for Depra Project FO0103, Comparative Life Cycle Assessment of Food Commodities Procured for UK Consumption through a Diversity of Supply Chains*.

Parte 4. La construcción institucional e interdisciplinaria

Esta cuarta sección se focaliza en los desafíos de la construcción institucional e interdisciplinaria nacional, con dos capítulos que son producto del trabajo interdisciplinario del equipo del Centro. Se presentan los primeros esfuerzos en mapear la diversidad de actores institucionales en esta temática a nivel nacional. Además, se reflexiona acerca de la construcción interdisciplinaria en esta problemática.

Agradecemos muy especialmente a todos los que apoyaron en la realización de este trabajo: ANII, CSIC, Espacio Interdisciplinario, Proyecto K, INIA, SNRCVC y a todos aquellos que no mencionamos aquí pero que directa o indirectamente han contribuido en la elaboración de este trabajo.

Capítulo 9

Proyectos, personas y publicaciones sobre cambio y variabilidad climática en Uruguay

Martín García Cartagena, Carolina Toranza, María Fernanda de Torres Álvarez⁵⁰

Resumen:

El cambio climático es un problema de creciente importancia a nivel global y nacional y recientemente se han multiplicado los proyectos y las actividades relacionadas a la temática, que requiere una coordinación y articulación urgente. El objetivo de este relevamiento fue generar una base de datos nacional que centralice y sistematice información sobre proyectos, personas y publicaciones vinculadas a la temática de cambio climático, que constituye la primera base de datos nacional de esta índole. Esta se hará pública a través del Registro de Personas, Proyectos y Publicaciones del portal web del SNRCC.

Para el armado de la base se revisaron y sistematizaron bases de datos ya existentes: Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), Proyecto K; Vulnerabilidad y Sostenibilidad Ambiental a Nivel del Territorio, SNRCC e INIA. Solo se incluyeron en la base proyectos desarrollados en el período comprendido entre 2007 y 2011. Se identificaron las instituciones referentes vinculadas más fuertemente con el cambio climático y se elaboraron fichas: institucional, personal y de proyectos. Se relevaron 534 personas vinculadas al cambio climático (84 % investigadores y 16 % gestores). Los investigadores se categorizaron en seis áreas siguiendo la categorización de la ANII, predominando los de ciencias naturales y exactas y ciencias agrícolas. Los gestores se agruparon en siete áreas modificadas de las categorías del SNRCC y su distribución

50 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (CIRCVC), Espacio Interdisciplinario, UDELAR.

fue relativamente pareja. Se identificaron 34 instituciones relacionadas a la investigación o gestión en temáticas de cambio climático, 60 proyectos y 107 publicaciones. Dado el potencial de los recursos nacionales (humanos y materiales) destinados al tema del cambio climático, se espera que la base de datos generada en este trabajo sea una herramienta que contribuya a un uso más eficiente de los recursos de investigación y gestión para el aporte al SNRCC.

9.1. Introducción

El cambio climático es uno de los elementos fundamentales del debate ambiental mundial. En efecto, su importancia ha ido en aumento desde la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de Estocolmo de 1972 hasta la Conferencia de Río+20 (2012). El primer informe lanzado por el IPCC en 1990 reconoció que la temperatura del planeta estaba aumentando debido al impacto de las emisiones resultantes de actividades humanas (IPCC, 1990). En 1992 se firma la CMNUCC y se da inicio a reuniones anuales de las partes de esta Convención, que derivan en la adopción del Protocolo de Kyoto, en 1997. La relevancia del cambio climático fue aumentando gradualmente durante la década del noventa, hasta finalmente consolidarse como una de las temáticas principales en las negociaciones internacionales (Arce, 2011).

Uruguay no estuvo ajeno a este proceso. El interés de Uruguay en la temática se fue manifestando por medio de distintas medidas jurídicas. En particular, el país es signatario de las principales Convenciones vinculadas al tema: CMNUCC (Ley n.º 16517, 22 de julio de 1994) y Protocolo de Kioto (Ley n.º 17279, 23 de noviembre del 2000). Paralelamente, a lo largo de las últimas décadas Uruguay ha desarrollado de manera importante su institucionalidad ligada al cambio climático. Cabe destacar que por resolución ministerial n.º 505/94 del año 1994, se creó en el MVOTMA y la Unidad de Cambio Climático (UCC). Esta Unidad constituye el órgano operativo y de ejecución en lo referido al cambio climático (<http://www.cambioclimatico.gub.uy>). En el 2000, mediante la Ley de Protección General del Ambiente (n.º 17283), se designó al MVOTMA como autoridad nacional competente para la instrumentación y aplicación de la CMNUCC.

Otro hito altamente significativo fue la creación por decreto presidencial, en el 2009, del SNRCC con el fin de «coordinar y planificar las acciones públicas y privadas necesarias para la prevención de los riesgos, la mitigación y la adaptación al cambio climático» (art. 1, decreto 238/009). Esta fue la primera

iniciativa de coordinación de recursos a nivel nacional. Es el SNRCC el que elabora el primer Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático, publicado en enero del 2010.

Las iniciativas institucionales promovidas por los sectores público y privado son muchas y la coordinación de todas ellas se hace una prioridad nacional.

Paralelamente, la academia nacional en los últimos años ha ido realizando diferentes aportes de información científica en diferentes disciplinas (climatología, agronomía, ecología, etc.). Como respuesta a una demanda creciente de información para la toma de decisiones respecto al cambio y variabilidad climática, y a la necesidad de coordinar esfuerzos dispersos en la Universidad, se crea el CIRCVC, en el marco del Espacio Interdisciplinario de la UDELAR.

Es evidente la necesidad de promover sinergias interinstitucionales para una mejor eficiencia en el uso de los recursos que tiene el país destinados a investigación y gestión en temas de cambio y variabilidad climática. Esto fundamentó el primer proyecto del CIRCVC, denominado PPP: Proyectos, Personas y Publicaciones. Su objetivo fue generar una amplia base de datos nacional que centralice y sistematice los datos de proyectos, personas y publicaciones sobre cambio climático, así como realizar un mapeo primario de las instituciones nacionales que están destinando esfuerzos en el tema (por ejemplo: investigación, gestión, adaptación o mitigación). La base generada es la primera base de datos nacional de actores relacionados al cambio climático, lográndose de esta forma generar una amplia visión de los esfuerzos volcados en esta temática desde las distintas instituciones a nivel nacional. El hacer pública y disponible esta información facilitaría el intercambio y la articulación de nuevos proyectos entre investigadores y gestores involucrados en la temática.

9.2. Metodología

El relevamiento de actores se realizó mediante la recopilación e integración de información ya existente en bases de datos elaboradas en distintos proyectos o consultorías previas. Se tomó un horizonte temporal de cinco años (2007-2011) y se revisaron bases de datos en busca de personas, proyectos y publicaciones relacionadas con la temática en varias instituciones de distinto carácter. Se relevaron las bases de datos de la CSIC, de la ANII, del Proyecto K; Vulnerabilidad y Sostenibilidad Ambiental a Nivel del Territorio (Márquez, 2010), del SNRCC y del INIA. Las palabras claves en la búsqueda

fueron las siguientes: adaptación, cambio climático, cambio global, clima, efecto invernadero, huella, mitigación, vulnerabilidad.

Posteriormente, se elaboraron tres fichas breves: una institucional, una personal y una de proyectos. Las fichas institucional y de proyectos fueron enviadas a los referentes de cada institución nacional, con el objetivo de obtener información de contacto y relevar los proyectos ejecutados por las instituciones. Paralelamente, las fichas de personas y de proyectos se enviaron a todos los investigadores y gestores identificados como vinculados al tema. Los campos relevados para la ficha institucional fueron: responsables, integrantes del equipo, datos de contacto institucional, denominación institucional, fuentes de financiación, publicaciones institucionales. Para las fichas personales se relevaron los siguientes campos: nombre, datos de contacto, institución y organización, actividad (investigación o gestión), proyectos, publicaciones, formación. Finalmente, en la ficha de proyectos se relevaron los siguientes campos: título del proyecto, responsable(s), integrantes del equipo, dato de contacto, fuente de financiación, publicaciones.

Luego se excluyeron de la base de datos original las personas que manifestaron no trabajar en temas de cambio climático. Asimismo, de las fichas se extrajo gran parte de la información de proyectos y publicaciones que fue incorporada a la base.

Las personas fueron inicialmente clasificadas en función de sus respuestas como: gestores (personas que trabajan en tareas de gestión, administración, en el Estado, ONG), investigadores (personas que realizan investigación o generación de conocimientos) o gestor/investigador (personas con doble rol) y posteriormente según su área de trabajo.

En el caso de los gestores se utilizó una adaptación de las siete categorías utilizadas por el SNRCC: biodiversidad y áreas protegidas, energía y transporte, producción agropecuaria, recursos hídricos, costeros y pesqueros, relaciones internacionales y derecho ambiental, salud, sistema de información y monitoreo. Por su parte, los investigadores fueron clasificados siguiendo el criterio de la ANII, que los subdivide en seis áreas temáticas: Ciencias Agrícolas, Ciencias Médicas y de la Salud, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias Sociales, Humanidades, Ingeniería y Tecnología.

Las publicaciones incluidas en la base de datos fueron extraídas exclusivamente de las respuestas de las fichas, por lo que corresponden a publicaciones institucionales y a las de investigadores o gestores que aportaron información al respecto. A futuro se pretende complementar este relevamiento utilizando buscadores en línea como: Google Académico, Portal Timbó, ISI Web of Knowledge, entre otros. Este proceso aún no ha culminado,

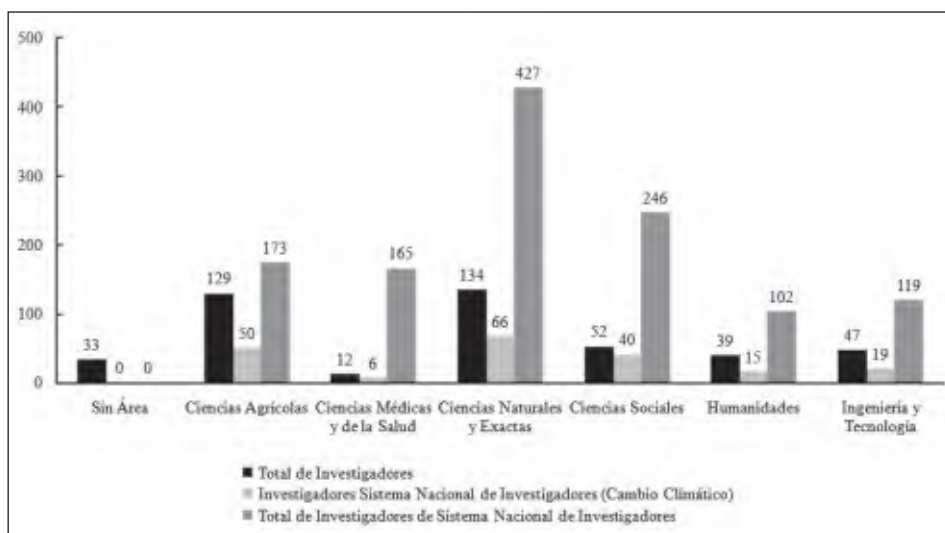
pero se espera obtener una mayor cantidad de publicaciones referidas al cambio climático en Uruguay para fortalecer la base de datos generada.

9.3. Resultados

9.3.1. Personas

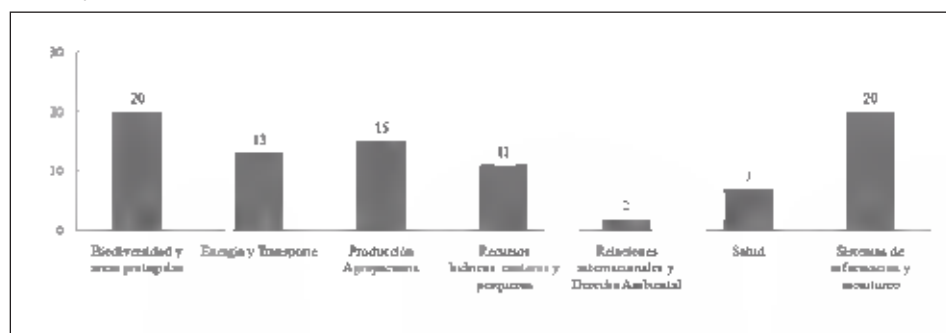
Se identificaron un total de 534 personas vinculadas al cambio climático: 84 % investigadores y 16 % gestores. Existe una alta cantidad de investigadores en Ciencias Agrícolas (29 %) y Ciencias Naturales y Exactas (30 %). Si se comparan los números con el total de investigadores activos por área del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), se observa que Ciencias Agrícolas y Ciencias Naturales y Exactas, además de ser de las áreas con más investigadores totales, son las áreas con mayor cantidad de investigadores del SNI (gráfico 20). Al analizar el porcentaje de investigadores en temáticas de cambio climático que están en el SNI sobre el total de investigadores del SNI, se destaca positivamente el área de Ciencias Agrícolas, con 29 %, y negativamente el área de Ciencias Médicas y de la Salud, con solamente 4 % (las demás áreas presentan 15 a 16 % de investigadores). Los investigadores «sin área» son quienes están registrados en el CVuy (servicio en línea de registro de currículum de la ANII), pero que no integran el SNI y que por ende no aparecen bajo ninguna de las áreas del SNI.

Gráfico 20. Número de investigadores relevados en temáticas de cambio y variabilidad climática por área de trabajo



En lo referido a gestores, la distribución en las áreas de gestión fue más pareja (gráfico 21).

Gráfico 21. Cantidad de gestores por área de trabajo (adaptada de la clasificación del SNRCC)



9.3.2. Instituciones

Se identificaron 34 instituciones que directa o indirectamente llevan a cabo actividades de investigación como de gestión relacionada al cambio climático (cuadro 10).

El 50 % de las instituciones relevadas fueron identificadas como exclusivamente de gestión y son: MVOTMA, MSP, organizaciones no gubernamentales (Centro Uruguayo de Tecnologías Aplicadas, Amigos del Viento), Ecoplata, UTE, Sistema Nacional de Emergencias, organizaciones internacionales (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo), Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Turismo y Deporte, Ministerio de Desarrollo Social, Cámara Mercantil de Productos del País, Cámara de Industrias del Uruguay, ARU, Asociación Nacional de Productores de Leche, ANCAP, Asociación de Cultivadores de Arroz. Las instituciones dedicadas exclusivamente a la investigación fueron 29 % y son: INIA, universidades extranjeras (Iowa State University of Science and Technology, Universidad de Talca, Universidade de Lisboa, Universität Würzburg, Universidad de Barcelona, University of Amsterdam, Universidade Luterana do Brasil, Scottish Agricultural College, Columbia University), Clemente Estable, Instituto Pasteur, Museos, organizaciones internacionales (International Food Policy Research Institute, Department of Agriculture and Food Western Australia, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo), Ministerio de Educación y Cultura, Sector Privado, Plan Agropecuario, UTU. Las instituciones que realizan ambas funciones son: MGAP, Ministerio de Defensa (Dirección Nacional de Meteorología), MIEM, Intendencias (Intendencia de

Maldonado, Intendencia de Montevideo, Intendencia de Canelones), OSE, UDELAR, LATU.

Cuadro 11. *Número de instituciones dedicadas a la investigación, a la gestión o a la investigación y a la gestión al mismo tiempo*

	Instituciones
Investigación	10
Gestión	17
Investigación y gestión	7
Total	34

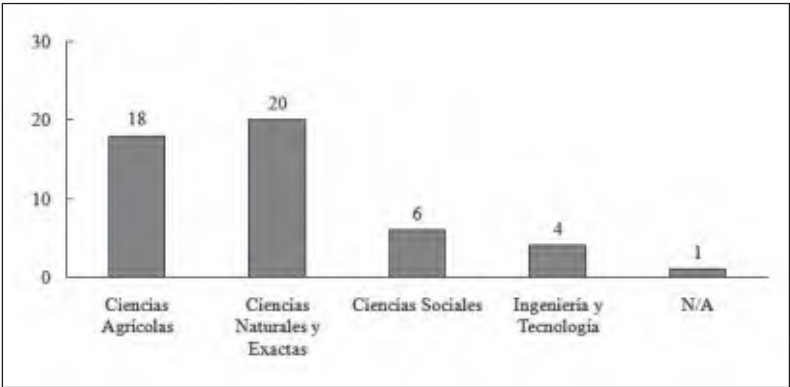
Al analizar conjuntamente la información de personas e instituciones, se aprecia que en las instituciones de investigación hay más personas trabajando (446 personas) y en las de gestión hay menos personas por institución (88 personas). De este análisis se destaca que el 61 % de los investigadores relevados forman parte de la UDELAR, convirtiéndose en la institución de investigación con mayor concentración de investigadores. Por otro lado, en lo que respecta a la gestión, el MVOTMA concentra el 36 % del total de gestores.

9.3.3. Proyectos

Se identificaron 60 proyectos en temáticas vinculadas al cambio climático en los últimos 5 años: 18 % son de gestión y 82 % de investigación.

Siguiendo la distribución de los investigadores, los proyectos se acumulan en las áreas de Ciencias Naturales y Exactas (40 %) y Ciencias Agrícolas (36 %) (gráfico 22).

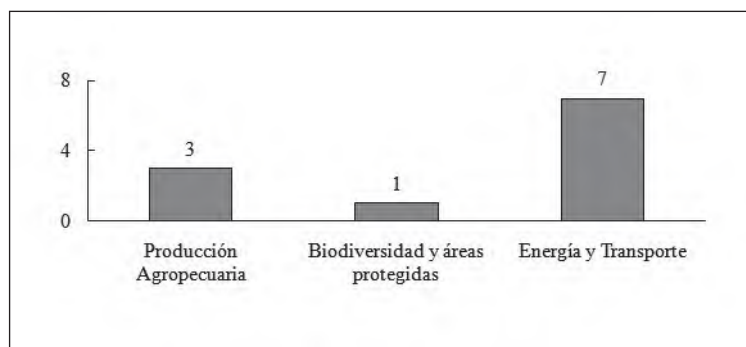
Gráfico 22. *Número de proyectos de investigación por área, 2007-2011*



En las áreas faltantes Ciencias Médicas y de la Salud y Humanidades no se detectó la implementación de proyectos en los últimos cinco años.

De los proyectos de gestión 64 % corresponden a Energía y Transporte (gráfico 22).

Gráfico 23. Categorización por área de de los proyectos de gestión, 2007-2011



En las áreas faltantes no se detectó la implementación de proyectos en los últimos cinco años.

El 30 % de los proyectos relevados fueron categorizados como proyectos de mitigación y el 62 % como proyectos de adaptación. En investigación, el 28 % correspondió a mitigación y el 61 % a adaptación. En lo referente a gestión, el 36 % correspondió a proyectos de mitigación y el 64 % a adaptación (cuadro 12).

Cuadro 12. Número de proyectos de mitigación, adaptación y total para investigación y gestión por área

	Mitigación	Adaptación	N/A*	Total
Ciencias Agrícolas	9	21	0	30
Ciencias Naturales y Exactas	2	6	1	9
Ciencias Sociales	1	2	3	6
Ingeniería y Tecnología	2	2	0	4
Subtotal Investigación	14	30	4	49
Producción Agropecuaria	0	3	0	3
Transporte y Energía	3	4	0	7
Biodiversidad y Áreas protegidas	1	0	0	1
Subtotal gestión	4	7	0	11
Total proyectos	18	37	4	60

*N/A Corresponde a los siguientes proyectos: «Estudio de los cambios climáticos ocurridos durante el Pérmico a través del análisis paleopalínológico», «Arqueología y paleoambientes durante la transición pleistoceno-holoceno en el norte de Uruguay», «Paleoindian adaptations at the subtropical landscape during pleistocene-holocene transition in Uruguay», «Archeology of the first Americans, survival of Pleistocene fauna and Paleoenvironmental change at the Pleistocene-Holocene Transition in Uruguay».

9.3.4. Publicaciones

En lo referido a publicaciones se encontraron un total de 107 publicaciones relacionadas con cambio climático en Uruguay. Estas fueron clasificadas en una primera instancia en publicaciones personales o institucionales (publicaciones directamente vinculables a una institución determinada y a ninguna persona en particular). En este caso la distribución fue bastante equilibrada: el 54 % de las publicaciones fueron publicaciones clasificadas como personales, mientras que el restante 46 % correspondió a publicaciones institucionales.

Al desagregar la categoría de publicaciones personales se encontró que estas correspondían tanto a personas categorizadas como investigadores, así como también a personas categorizadas como gestores. La vasta mayoría de las publicaciones personales correspondía a personas categorizadas como investigadores: el 63 %.

De las publicaciones personales correspondientes a investigadores se pudo observar nuevamente una alta concentración de publicaciones en el área de Ciencias Agrícolas (45 %), seguida por el área de Ciencias Naturales y Exactas (39 %). Así, se suma entre ambas áreas el 84 % del total.

Las publicaciones realizadas por gestores se distribuyeron entre cuatro áreas: Biodiversidad y áreas protegidas (22 %), Energía y Transporte (33 %), Relaciones Internacionales y Derecho Ambiental (28 %) y Sistemas de Información y Monitoreo (17 %).

Las publicaciones que fueron categorizadas como institucionales en su mayoría correspondieron al Grupo Agroclima y Sistemas de información (GRAS) del INIA: el 55 % del total de publicaciones. La siguió el Programa de Energía Eólica del MIEM que alcanzó el 17 %. Entre ambas suman el 72 % del total de publicaciones institucionales relevadas.

En lo que refiere a las publicaciones institucionales, nuevamente se registró un alto número en el área Producción Agropecuaria (55 %), principalmente debido a la producción de publicaciones del INIA.

9.4. Conclusiones

Existe una gran cantidad y diversidad de actores (investigadores y gestores) e instituciones asociadas a actividades referidas al cambio climático.

Hay una alta concentración de investigadores, proyectos y publicaciones en dos áreas: Ciencias Agrícolas y Ciencias Naturales y Exactas. En cuanto a gestores, estos están generalmente mejor distribuidos en las áreas temáticas

a pesar de mantener una tendencia marcada hacia las áreas de Producción Agropecuaria.

De los resultados obtenidos se desprende que la investigación científica en el campo del cambio climático en el Uruguay se encuentra en pleno desarrollo. Es destacable que gran parte de los recursos nacionales destinados a cambio climático están siendo utilizados en desarrollo del área agropecuaria, área de vital importancia para el país, dada su base productiva. Sin embargo, sería deseable que otras áreas temáticas relegadas actualmente fueran reforzadas a futuro.

En lo que refiere a las instituciones nacionales, la imagen general obtenida muestra una estructura institucional firme pero desarticulada.

Dado el potencial de los recursos nacionales (humanos y materiales) destinados al tema del cambio climático, creemos y esperamos que la base de datos generada en este trabajo sea una herramienta que contribuya a visualizar el panorama nacional vinculado a este tema y a promover un uso más eficiente de los recursos, así como una efectiva aplicación del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC). En particular, esperamos que este trabajo sea un aporte para los tomadores de decisión, a la hora de realizar la asignación de recursos para investigación y gestión en las distintas áreas temáticas.

Bibliografía

ARCE, G. (2011): «Las negociaciones sobre cambio climático y las relaciones internacionales en la primera década del siglo XXI», IV Jornadas Académicas de Relaciones Internacionales, Montevideo.

Intergovernmental Panel on Climate Change, First Assessment Report, *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia, Cambridge University Press, 1990: 5-34 pp.

MÁRQUEZ L. (2010): *Sistematización de los proyectos y estudios sobre reducción de la vulnerabilidad, sustentabilidad ambiental y reducción de la pobreza, Informe Final*, Proyecto K Vulnerabilidad y Sostenibilidad Ambiental a nivel territorio, Naciones Unidas.

Capítulo 10

Clima en colectivo. Reflexiones sobre la interdisciplina

María Fernanda de Torres Álvarez⁵¹

Resumen:

El CIRCVC comenzó su trabajo hace dos años, a lo largo de los cuales transitó por distintos momentos que en este breve capítulo pretendemos compartir. Presentaremos lo que fuimos comprendiendo como trabajo interdisciplinario, sus fortalezas y las dificultades que hemos encontrado para crecer en colectivo.

10.1. Marco conceptual

La interdisciplina es una plataforma que implica la aceptación del proceso de su formación como método de trabajo a partir del cual se transita por el reconocimiento, comprensión y empatía entre las disciplinas y las personas. El proceso se alimenta del deseo de conocer, la paciencia para el diálogo entorpecido por las distancias epistemológicas y la reciprocidad del trato respetuoso de las posiciones disciplinares (teóricas y metodológicas). Esta entrada que proponemos se ubica en el medio de las cosas, es decir, abierta al movimiento que no termina, continúa durante el proceso de la vida interdisciplinaria de hacer ciencia en colectivo.

La potencia del encuentro disciplinar se dirige a la novedad de la mixtura, la cual puede crear nuevas perspectivas, entradas y soluciones para producir mejores respuestas a un problema tratado (Lyall y otros, 2011). El sentido de este proceso también fortalece a las disciplinas, que, atentas a la

51 Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay. Núcleo de Estudios Sociales Agrarios, Departamento de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR, Uruguay.

comprensión del tratamiento que realizan las *otras*, robustecen sus entradas teóricas y metodológicas a partir de la interpelación de preguntas foráneas.⁵² La complementariedad entre disciplina e interdisciplina es un proceso de enriquecimiento mutuo que varios autores han señalado (Lyall, 2011; Salter y Hearn, 1996; Stroeber, 2011), aunque dicha complementariedad es posiblemente riesgosa porque supone una inversión de esfuerzo inicial dirigido al conocimiento de otros campos y el ensayo de proyectos en colectivo (Stroeber, 2011). Hacer interdisciplina es una tarea que se hace posible en colectivo, nutrido por la historicidad de cada persona y disciplina que se disponen al armado de un nuevo locus desde donde pensar.

Para el antropólogo inglés Tim Ingold⁵³ (2000) la evolución o nuestra historia social y cultural es un proceso de repetición, donde una generación le enseña a las siguientes a redescubrir el mundo, a través de la *educación la atención* del mundo en el proceso de la vida. La labor que existe en el trabajo interdisciplinario, podemos sugerir, es la de *educar la atención* de los participantes en la composición y relaciones que se organizan en una disciplina. Desplegar el conjunto de entidades que fundan las disciplinas, la concepción de la prueba, el experimento y los alcances, enriquece la noción colectiva de lo posible, aquello que es complementario y a la vez nuevo. Este es un esfuerzo que no cesa, destinado a *habitar* el modo de razonar en *otra* disciplina para poder comprender y tejer con *otras* modalidades de pensar. Educar la atención hace crecer una destreza individual y colectiva que permite organizar problemas de investigación en colectivo.

10.1.1. El camino recorrido por el CIRCVC

Es difícil poder transmitir cada pequeño movimiento, con la torpeza e intuición con la que se fueron dando. El primer año de trabajo del CIRCVC concentró gran parte del esfuerzo en presentar cada disciplina y línea de investigación o estudio en la que trabaja cada investigador. La propuesta también estuvo dirigida a trabajar sobre las tesis de posgrado, las cuales fueron discutidas desde las distintas perspectivas disciplinarias que integran el Centro. El trabajo mayor estuvo dirigido a la traducción del lenguaje, escalas de trabajo y los métodos de investigación entre subdisciplinas de la ingeniería agronómica (producción de pasturas, lechería, vitivinicultura),

52 «While disciplines can limit what we are required to know, they can also limit the questions we are expected to ask: shaping problems to fit disciplines is not a very rewarding or creative approach» (Lyall y otros, 2011:19)

53 El año pasado organizamos en conjunto con la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación y la Facultad de Ciencias Sociales una conferencia y seminarios con el Phd. Tim Ingold, en la casa del Espacio Interdisciplinario, donde asistieron estudiantes de grado y posgrado de Filosofía de la Ciencia, Gestión Ambiental, Ecología, Antropología, Sociología y Derecho.

ciencias de la atmósfera, antropología, geografía, biología, meteorología y agrometeorología. En el intercambio crecieron preguntas y reciprocidades en torno a la identificación de fuentes de datos, de redes de investigadores, de actores sociales y políticas.

Uno de los productos más concretos del intercambio fue la identificación de la desarticulación entre quienes producen datos del clima, en particular la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) y los usuarios de dichas bases científicas (INIA), UDELAR y tomadores de decisión (SNRCC). En el marco de la Tercera Semana sobre Cambio y Variabilidad Climática (2011), el CIRCVC organizó una actividad de mesa redonda sobre Información del Clima, donde participaron: Gabriela Cruz (Facultad de Agronomía), Madeleine Renom (Facultad de Ciencias), Guadalupe Tiscornia (INIA) e Ignacio Lorenzo (AECID-SNRCC). Integrantes de la DNM no pudieron asistir por compromisos previos. La mesa discutió lo que se puede investigar con los datos existentes, qué tipo de tratamiento se les debe dar y cómo mejorarlos. También se identificaron demandas de generación de datos nuevos para poder desarrollar otras investigaciones que permitan conocer otras dimensiones del clima. Los principales problemas presentados tienen que ver con la necesidad de mejorar el acceso a los datos, de mejorarlos integrando metadatos (registro de cambio de tecnología, registro del contexto de las estaciones, fotografías), la necesidad de establecer unidades de medida regionalizables —«día meteorológico»—, así como el trabajo en la densidad y calidad de la red de estaciones meteorológicas. Este diagnóstico, organizado en forma colectiva, dio inicio a un trabajo actualmente en curso sobre las trayectorias institucionales del clima, que busca identificar y comprender los ruidos en la comunicación entre producción de información, producción de conocimiento y elaboración de políticas públicas.⁵⁴

En el marco de la misma semana, otro investigador del centro, el Ing. Ph.D. Rafael Terra, expuso en un taller sobre un proyecto de comunicación entre la Facultad de Ingeniería y la UTE, lo cual nos hizo pensar en problemas más generales. En el esfuerzo de identificar y ajustar el problema de análisis, fue necesario comprender los procesos de toma de decisión y trabajo para poder hablar en la misma clave. *La interdisciplina termina en uno*, señaló

54 El Centro está trabajando en la identificación de las redes de investigadores y políticos del clima (personas, papers, proyectos) sobre el que estamos trabajando y algunos resultados parciales se comunican en este libro. En el proyecto *Desarrollo de una metodología para el estudio de la percepción cultural del clima en Uruguay en el marco del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático*, dirigido por Ph.D. Javier Taks, se desarrolló un estudio de campo entre los científicos del clima y las instituciones del clima —DNM, SNRCC— a cargo de Lic. María Fernanda de Torres, investigadora del CIRCVC.

el investigador, es una destreza que crece en las personas en el proceso de hacer ciencia en colectivo.

Los talleres de trabajo fueron extendiendo su participación al INIA y al IPA, de modo de ir integrando otros actores que participan en la identificación de posibles respuestas al cambio y la variabilidad climática. Aunque aún faltan otros actores, estos han introducido la necesidad de mayor articulación entre la demanda concreta y local de grupos de productores, a partir de la comprensión del calendario agrícola, las diferencias entre producciones y regiones y la dinámica de la toma de decisiones. Estos encuentros han sido muy productivos, ampliaron las entradas al campo a través de habitar el sustrato empírico de otras disciplinas y, por lo tanto, novedosos en la formulación de preguntas y las conexiones que surgieron y permitieron comprenderlo mejor. En esta línea, el Centro comenzó una consultoría con el MGAP y la FAO para identificar estrategias de adaptación al cambio y la variabilidad climática. Las conversaciones comenzadas entonces alimentan hoy el trabajo al que se han sumado otros investigadores de la UDELAR y el IPA.

En los talleres también se identificaron problemas en la comunicación del clima: 1) la confusión en relación a la escala de tiempo que suponen distintos pronósticos, 2) su carácter estocástico probabilístico que supone pensar integrando la incertidumbre y 3) la frecuente confusión entre eventos fuertes o extremos, la variabilidad y el cambio climático. Estos problemas de comunicación también se deben a que las fuentes de información están dispersas y son heterogéneas y promueven la confusión y desconfianza de los usuarios por contradicciones o diferencias.⁵⁵ Asimismo, porque algunos eventos biofísicos —vientos fuertes, sequías, heladas, inundaciones— se asocian a demandas por recursos públicos directos o indirectos para un grupo de actores o varios grupos; al tiempo que el sistema político debe dar respuestas concretas al sentimiento público de incomodidad con la incertidumbre. En estas discusiones del Centro se concluye reiteradamente la necesidad de educar la atención de quienes diseñan política pública y los comunicadores sobre considerar otra relación con la incertidumbre.

55 La radio es la fuente fundamental de información del clima entre los productores rurales, el norte con televisión por cable asiste a los programas de la televisión brasilera y en menos casos consultan los pronósticos en línea. Es bien heterogénea la información que se presta y el modo en que se comunica.

10.1.2. Aprendizajes sobre el quehacer interdisciplinario

En el proceso de *educar la atención*, las disciplinas repasan las fronteras que le dan significación, que las distinguen, y sugieren en algunos casos su claro privilegio para ciertos campos de conocimiento. En parte, el *problema de la legitimidad del recorte* está vinculado a la confusión frecuente por *dominio de la realidad*, aceptar nuevos invitados al sustrato empírico que habitaba previamente. Al recortar, las disciplinas se vuelven miopes para otro conjunto de relaciones, escalas y entidades. Como señalan Latour (2004) y Strengers (2011), resulta bien productivo *meterse* con otras disciplinas, a través de su historia, su compromiso ontológico⁵⁶ en un espacio *cosmopolita*.

La legitimidad de las disciplinas sobre ciertas temáticas proviene de su historia concreta en el conjunto de relaciones en grupos heterogéneos de actores locales y globales. La ingeniería agronómica, por mencionar un ejemplo, ha tenido el privilegio técnico sobre *lo rural*, tanto en el diseño de política pública como en la asesoría privada (en menor medida) y en la investigación social y productiva, durante la mayor parte del siglo XX. La reciente integración de biólogos al INIA, la introducción de los campos naturales —pastizales— en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), sumado a los enfoques sociales más recientes, introdujeron otro conjunto especializado de técnicos y científicos que buscan definir aspectos del mundo rural que interpelan definiciones previas. Esta dinámica de diálogo y negociación es parte de la dinámica del Centro.

Otro aspecto a destacar es el tema de las jerarquías del conocimiento no solo entre las subdisciplinas (ejemplos: la física teórica y la ciencia de la atmósfera), sino también con respecto a otras disciplinas (ejemplos: la física, las ingenierías y la antropología) y con respecto al conocimiento no-experto. Aunque no necesariamente los investigadores participen de dicho orden, las relaciones y demandas que se establecen dentro de las instituciones —Facultades, Estado, etc.— están vinculadas a dicha representación. La ciencia moderna jerarquizó el conocimiento objetivado a través de la prueba y el método, desplazó a la experiencia que crece a lo largo de la vida. Sin embargo, la falta de series de datos continuas y de calidad ha llevado a recurrir a la

56 Una ontología es un sistema de distribución de propiedades entre entidades distintas, sean humanos, objetos, plantas, animales, que declara forman parte de su fundamento. Una disciplina tiene un compromiso fuerte con una metafísica específica, una ontología; es decir, con un conjunto de entidades que existen (evidentemente otras no) ordenadas de un modo concreto. Explicitar los fundamentos permite mejorar la comunicación, distinguir los sentidos y la significación de las interpretaciones y explicaciones que ofrecen.

memoria y conocimiento de quienes habitan una región para completarlas. El trabajo que desarrollamos en torno al cambio y la variabilidad climática recurre a la experiencia de vida de los productores para completar cualitativamente las series de datos, así como renegociar el trato de las vocaciones —básica y productiva— o entre escalas —predial, regional o sistema—. Esto ha significado una oportunidad para repensar tesis nuevas que crecen en el colectivo que se reúne en torno al Centro.

10.1.3. Oportunidades de la interdisciplina: nuevos proyectos

En esta experiencia el desafío de organizar una agenda de investigación sobre el cambio climático ha renovado la confianza en las bondades colaborativas y complementarias del trabajo en colectivo, a través de redes entre instituciones e investigadores para la producción de conocimiento novedoso. La posibilidad de trabajo incluye además la integración de nuevos archivos de referencia —teórico y metodológico— que alimentan líneas de investigación no exploradas al interior de las disciplinas. La nueva legislación que regula las relaciones entre las personas y su ambiente (Ley de Ordenamiento Territorial, Ley de Agua, Ley de Conservación del Suelo) hace necesario incorporar al derecho en el análisis de los problemas definidos, porque su integración abrió el interés por nuevas preguntas sobre el devenir de estas invenciones. El creciente número de instancias e instituciones internacionales que debaten la asignación de recursos globales para el cambio climático y su relación con la definición de prioridades públicas en el país han sido tematizadas por especialistas en relaciones internacionales y sociología, produciendo posibles proyectos de investigación futura.

Otra de las preguntas que continuamos trabajando, a partir de tesis y proyectos,⁵⁷ se refiere a las variadas sugerencias del MGAP para la adaptación de la ganadería bovina de carne, a la variabilidad y cambio climático (ejemplos: riego, cultivos forrajeros, racionalidad empresarial, perfeccionamiento reproductivo, la calidad genética, entre otras). En particular, es interesante estudiar cómo se define la relevancia de una temática, para la investigación o la inversión pública, qué conocimientos o grupo de actores participan en esa definición y quiénes quedan por fuera. Al mismo tiempo, es interesante comprender quiénes y cómo participan en los procesos de divulgación de

57 Las posibilidades de convivencia de varias disciplinas en la ganadería, a partir de la experiencia etnográfica del trabajo de campo, la participación en consultorías, la articulación con otros actores políticos y técnicos, ha construido nuevas entradas en temas como innovación en ganadería.

tecnología y bajo qué modalidades, sobre qué concepciones generales se basan respecto a la naturaleza y la relación humano-no humano.

Esta lógica nutritiva, tanto para el tratamiento de problemas interdisciplinariamente como para la introducción de nuevas entradas disciplinares, ha resultado en material para la producción de cursos y la necesidad de continuar la formación.

Hacer interdisciplina supone en sus primeros pasos la habilidad de comprender las conexiones posibles en un entorno amplio del problema, el cual conviene no cerrar prematuramente durante el proceso de armado de proyectos y programas de investigación. La vocación está dirigida a establecer redes de investigadores que no se habían establecido antes, en una lógica colaborativa y complementaria. La libertad anticipada, que evita cerrar rápidamente las preguntas, es alimentada por la intuición sobre la necesidad de explorar otras aproximaciones para mover la posición del problema que se discute, es sumamente productiva. Por ejemplo, el Centro presentó a la ANII un proyecto de investigación que busca identificar la legitimidad y devenir de la relación de dos disciplinas —la ecología y la ingeniería agronómica— con el ecosistema de pradera, en un caso de discusión sobre innovación tecnológica.⁵⁸ La entrada a este dilema, no saldado por la agronomía y la ecología, fue posible desde la antropología que pregunta desde la distancia del ignorante sobre los consensos que separan las aguas.

En este sentido, ha sido frecuente encontrar la habilitación y contención institucional de parte de los coordinadores del Centro y del Espacio Interdisciplinario, para crecer desenfocando la disciplina, en particular entre quienes estamos en el proceso de formación. El proyecto antes mencionado incluye teoría de antropología ambiental, sociología de la ciencia y la tecnología, con ecología y agronomía, para la comprensión del proceso de innovación en praderas naturales, entre un grupo heterogéneo de científicos, políticos y ganaderos. Este proceso comenzó en el 2011 en el diálogo de las tesis de maestría del CIRCV, abriendo los archivos de la ecología, antropología y agronomía, en una etnografía de la ganadería. Aunque el proyecto tiene vocación disciplinar, pretende crecer a partir de la contribución de otros

58 El proyecto *Innovación en pasturas naturales: la intimidad de la innovación y de su proceso de desestimación 1934-1961* financiado por el Fondo Bicentenario José Pedro Barrán, a cargo de María Fernanda de Torres, junto con Carolina Toranzo y Mercedes Fourment, bióloga y agrónoma, respectivamente. Este proyecto está en curso y busca conformar una comunidad académica de las pasturas que configure un colectivo de complementariedad y debate, sobre la herbivoría en el ecosistema de pastizales. Finalmente, se busca identificar la trayectoria disciplinar en el país de la ecología y la ingeniería agronómica y su relación con la fabricación de política pública tendiente a modelar las relaciones entre los humanos y entre los humanos y su ambiente.

conocimientos para contribuir a nutrir una agenda de investigación en ciencias sociales y el ambiente.

El trabajo para el diálogo y encuentro de la herbivoría en el ecosistema de pastizales, para los ecólogos, o de la ganadería a campo natural, para la agronomía, puede producir no solo nuevas preguntas, sino también redes de cooperación. En particular, en el Centro Universitario de la Región Este (CURE-UDELAR) de Maldonado se desarrolla una línea de investigación en ecología que busca comprender cómo afectan los cambios en el uso del suelo y la variabilidad climática a la calidad de agua y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Hemos comenzado la comunicación con este grupo de modo de integrarlos al análisis de las instituciones como las leyes, pero también en torno a la respuesta frecuente de la política pública para el uso productivo del agua, de las prácticas de manejo. También porque esta perspectiva permite ver mundos de vida que participan del mismo sustrato donde siempre se vio agropecuaria.

10.2. Dificultades de la interdisciplina

Los Centros comparten investigadores con otros servicios, lo que va en el sentido de complementar las disciplinas a través del trabajo interdisciplinario, pero también se compite. Las barreras institucionales tienen distintas formas: el trabajo de investigación por departamentos, la organización de fondos y la evaluación (Salter y Hearn, 2011). Estas competencias resultan en dificultades prácticas: falta de tiempo para comunicarse, escucharse y expresarse.

Se mencionaron antes las ventajas del ir y venir entre disciplina e interdisciplina, sin embargo, esta ha sido una característica más o menos posible de acuerdo a la integración de jóvenes en proceso de formación y la disponibilidad de horario de los investigadores consolidados para atender las demandas. Los breves plazos de la financiación de los proyectos de investigación funcionan con la lógica de amparar el desarrollo de tesis de posgrado, pero conspira con la mirada de mediano plazo que permitiría aumentar la dedicación colectiva.

El Espacio Interdisciplinario propuso una serie de fondos de financiación exclusivamente interdisciplinaria reforzando el crecimiento de la institucionalidad propia. El diseño de más proyectos de mediano plazo y la articulación con más tesis de posgrado permitirán hacer del Centro un espacio cosmopolita.

10.3. Conclusiones

El Centro tiene una vocación de articular la investigación científica disponible sobre dimensiones de la vida colectiva, a partir de lo cual se crean espacios para la colaboración creativa. El trabajo de reorganizar el conocimiento en colectivo es un proceso donde es posible la empatía con las otras ciencias, si es que se transita con interés por conocer, suspendiendo el juicio que obstaculiza la comunicación. Así se comenzó hace casi dos años, pero aún se transita un proceso que por abierto invita a otras disciplinas a integrarse. Es una preocupación del Centro alimentar la imaginación para pensar estrategias de divulgación que renueven la estética de lo que se dice. Será en la convocatoria que podamos construir, la libertad con que las disciplinas expresen su diferencia en el trabajo colectivo en el CIRCVC.

La experiencia en el Centro refuerza el compromiso con la creación colectiva, abierta a aportes de otras destrezas, atenta a diferentes conceptos y enfoques, basada en el diálogo y el respeto mutuo, apoyada en la solidez metodológica de las disciplinas participantes y orientada a resolver problemas reales, complejos y pertinentes. Es altamente productiva y profundamente reconfortante. Esperamos que estas reflexiones estimulen a otros investigadores a sumarse a este emprendimiento de construcción interdisciplinaria a futuro.

Bibliografía

INGOLD, T. (2000): *The perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*, Routledge, London, p. 454.

LATOUR, B. (2008): *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red*, Manantial Buenos Aires, p. 94

LYALL, C.; BRUCE, A.; MEAGHER, L. (2011): *Interdisciplinary Research journeys. Practical Strategies for Capturing Creativity*, Bloomsbury, London, p. 235

SALTER, L. y HERAN, A. (1996): *Outside the lines. Issues in Interdisciplinary Research*, McGill-Queen's University Press, Québec, p. 209.

STROEBER, M. (2011): *Interdisciplinary Conversations: Challenging habits of thought*, Stanford University Press, California, p. 218.

Parte 5. Síntesis y perspectivas

Valentín Picasso, Laura Astigarraga, Gabriela Cruz, Rafael Terra⁵⁹

⁵⁹ Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Espacio Interdisciplinario, UDELAR, Uruguay.

El cambio climático, entre otros problemas globales, ha puesto de manifiesto la necesidad de integrar varias miradas en el análisis de sistemas complejos, así como la incertidumbre y la necesidad de construcción colectiva del conocimiento para hacer frente a la demanda social de certezas. El esfuerzo que promovemos intenta una visión holística del problema definido, tratando de aumentar el alcance de las interpretaciones y explicaciones. La creación de conocimiento requiere tiempo. La creación de conocimiento interdisciplinario requiere aún más tiempo. El proceso de creación y aplicación de conocimientos requiere reflexión individual y colectiva. Traducir ese proceso en productos concretos (recomendaciones, cursos, publicaciones, etc.) implica reunir las capacidades en algún momento y lugar (necesidad de superar las agendas, aparato administrativo, etc.), dialogar, compartir experiencias y crear a partir del intercambio interdisciplinario.

El camino recorrido en estos dos años y medio ha sido rico y productivo. Comenzamos con reuniones de presentaciones de trabajos previos, intercambiando áreas de interés, vocabulario nuevo y resultados de proyectos, que desde diferentes ángulos aportan a la temática de la respuesta al cambio climático. Continuamos con discusión colectiva de proyectos de tesis de maestría, enriqueciendo enfoques disciplinarios con preguntas y reflexiones desde otras disciplinas. Organizamos actividades de visibilidad pública, talleres y cursos para difundir el trabajo realizado y concientizar sobre el tema. Actualmente estamos trabajando en algunos proyectos en los que el resultado esperado es caracterizar la vulnerabilidad de sistemas productivos al cambio y variabilidad climática en sus múltiples dimensiones: biofísicas, económicas, sociales, institucionales. En el proceso hay formación de recursos humanos jóvenes, con interés y habilidad para el diálogo entre disciplinas, y vocación por aportar a la solución de problemas complejos y trascendentes para el país.

Podemos discutir qué definimos por pertinencia, cómo legitimamos una investigación, qué actores o grupos sociales deben intervenir en definirla... pero la pertinencia debe ser punto de partida de cualquier colectivo de investigación y tiene que ver con la utilidad para resolver un problema real. El cambio climático es un problema real, que presenta varios desafíos para el Uruguay. En este libro hemos presentado algunos de ellos, sin pretender ser exhaustivos. Enumerar y priorizar dichos desafíos es una tarea que requiere más tiempo y más interlocutores, pero estamos en ese camino.

Los problemas reales como los presentados en este libro son complejos en general, tienen muchas causas y muchas puntas. Por esta razón, se hacen normalmente necesarios aportes de varias personas con diferentes enfoques y escuelas de formación. Y aquí entra la interdisciplina, como una herramienta

que puede ayudar a trabajar frente a problemas complejos. La interdisciplina tiene una serie de características básicas, que no son excluyentes de este enfoque y pueden encontrarse en enfoques típicamente disciplinarios, pero es más común verlas en trabajos interdisciplinarios. En este camino, venimos aprendiendo que la interdisciplina es:

- 1) Colectiva. Se hace en grupos, es decir, con varias personas. Cada persona es única, por lo tanto los equipos son más ricos en habilidades, visiones, ideas, que las personas individuales.
- 2) Explícitamente ignorante. En los grupos interdisciplinarios, cada persona tiene un campo de conocimiento aprendido y otros muchos que explícitamente no son su especialidad. Esto permite que las personas puedan preguntar cosas básicas sin miedo y sin autocensura en el aprendizaje. Esto facilita el aprendizaje de todos, incluso dentro de la misma disciplina. Si no reconocemos explícitamente nuestra ignorancia, no podemos aprender nada.
- 3) Orientada a un problema. Como el objetivo es resolver un problema que a priori está definido como grande y complejo, todas las habilidades y estrategias están autorizadas para avanzar. Esto permite crear y explorar nuevos caminos y metodologías.
- 4) Dialogante. Exige querer y saber escuchar, y querer y saber contestar. Y la comunicación no es fácil entre dos personas y requiere tiempo, conocimiento, esfuerzo y paciencia.

Pero interdisciplina no significa negación de las disciplinas como cuerpo histórico-metodológico-conceptual. En este libro, y en nuestro trabajo, hay mucho aporte de las disciplinas: ecología, antropología, geografía, agronomía, etc. Las disciplinas son la base para nuestra construcción interdisciplinaria, la cual requiere conocimientos previos, historias, metodologías, conceptos, habilidades, técnicas, visiones. En definitiva, la definición de todas las disciplinas es una definición histórica, es decir, contingente a un momento de la historia de la humanidad y de la ciencia. Por ejemplo, la afirmación «la ecología es una disciplina» no tiene sentido si no en un momento histórico determinado. En un momento, la ecología como tal no existía, sino integrada a la biología o las ciencias de la naturaleza. Luego, por razones históricas, se consolidó como una rama específica. Y, más adelante, al avanzar en sus estudios, diversificar sus metodologías y técnicas, se dividió en nuevas disciplinas, como la ecología de poblaciones o la de comunidades. Y esto mismo le ha pasado a todas las disciplinas de todas las ciencias. Por lo tanto,

no existen las disciplinas ni las interdisciplinas y, a la vez, todas las disciplinas son o fueron interdisciplinas.

Este libro es simplemente un mojón en un rico camino de aprendizaje colectivo. Creemos que el trabajo del CIRCVC ha sido pertinente y ha avanzado desde un conjunto de trabajos disciplinarios a una construcción colectiva interdisciplinaria. Esperamos que este proceso se siga consolidando en el futuro, con el aporte de más actores.

Glosario de siglas

ACV: análisis de ciclo de vida

AECID: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

AFRC: Agricultural and Food Research Council (Consejo de Investigación para la Agricultura y la Alimentación)

AIACC: Assessment of Impacts and Adaptations to Climate Change

ANCAP: Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland

ANII: Agencia Nacional de Investigación e Innovación

ARU: Asociación Rural del Uruguay

CC: cambio climático

CVC: cambio climático y variabilidad climática

CIRCVC: Centro Interdisciplinario Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático

CMS: consumo de materia seca

CSIC: Comisión Sectorial de Investigación Científica

CURE: Centro Universitario de la Región Este

CV: coeficiente de variación

DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente

DNM: Dirección Nacional de Meteorología

EB: energía bruta

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GEI: gases de efecto invernadero

GRAS: Grupo Agroclima y Sistemas de Información

HC: huella de carbono

HDF: Hierarchical Data Format (Formato Jerárquico de Datos)

IF: índice de frescor de noches

IH: índice heliotérmico

INAC: Instituto Nacional de Carnes

INAVI: Instituto Nacional de Vitivinicultura

INIA: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

IPA: Instituto Plan Agropecuario

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático

IS: índice de sequía

LATU: Laboratorio Tecnológico del Uruguay

MCGAO: Modelos de Circulación General Acoplado Atmósfera-Océano

MGAP: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca

MIEM: Ministerio de Industria, Energía y Minería

MSP: Ministerio de Salud Pública

MVOTMA: Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetación Normalizado)

NRC: National Research Council (Consejo Nacional de Investigación)

OMM: Organización Meteorológica Mundial

OSE: Obras Sanitarias del Estado

PCG: potencial de calentamiento global

PEDECIBA: Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas

PNRCC: Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PPN: productividad primaria neta

SIG: Sistemas de Información Geográfica

SNI: Sistema Nacional de Investigadores

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

SNRCC: Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático

SPOT: Satellite Pour l'Observation de la Terre (Satélite para la Observación de la Tierra)

SRES: Special Report Emissions Scenarios (Escenarios de Emisión Reporte Especial)

UCC: Unidad de Cambio Climático

UDELAR: Universidad de la República

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UTE: Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas

UTM: Universal Transversal Mercator (Proyección Universal Transversal)

UTU: Universidad del Trabajo del Uruguay

Títulos de la colección Interdisciplinarias 2012

1. Parasitosis intestinales y estado nutricional en una escuela de Montevideo.

Ana María Acuña, Ramón Álvarez (Coordinadores)

2. La civilización en disputa.

Democracia, institucionalidad, derechos y libertades.

**Dos modelos en los debates editoriales durante la dictadura
uruguaya 1973 - 1984.**

Gerardo Albistur

3. Cambio y variabilidad climática:

Respuestas interdisciplinarias.

Valentín Picasso, Gabriela Cruz, Laura Astigarraga, Rafael Terra (Coordinadores)

4. Montevidenxs.

**Textos diversos en torno a los resultados de la investigación
exploratoria “Derechos, jóvenes LGBT y VIH/Sida”, 2011.**

Fiorella Cavalleri, Juan José Meré, Helena Modzelewski, Paribanú Freitas,
Myriam Puiggrós, Paribanú Freitas, Mariana Leoni Birriel, Stella Dominguez,
Maia Calvo Núñez

5. Las nanotecnologías en Uruguay.

Adriana Chiancone Castro, Guillermo Foladori (Coordinadores)

6. Colonia Raúl Sendic.

Un proyecto compartido

Luciana Echevarría, Valentina Soria, Gonzalo Balarini, Rodolfo Martínez

7. La teoría social latinoamericana.

Legados y desafíos.

Rafael Paternain

En el contexto del cambio global, el cambio y la variabilidad climática representan un estrés para la sociedad, por lo cual los sistemas productivos deberían incorporar el riesgo climático en sus procesos de planificación. La adaptación cultural, tecnológica e institucional, requiere enfoques interdisciplinarios para la construcción de sistemas más resilientes y menos vulnerables a dichos cambios. Este libro presenta aportes desde el Centro Interdisciplinario “Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática” del Espacio Interdisciplinario la Universidad de la República que sirven como fundamentos académicos para la elaboración de una estrategia nacional para responder al cambio y variabilidad climática en sistemas naturales, sociales y productivos. La primera sección del libro plantea las definiciones conceptuales básicas desde la perspectiva de la ciencia climática. La segunda sección agrupa trabajos focalizados en la adaptación al cambio climático, desde perspectivas disciplinares ecológicas, agronómicas y sociales. La tercera presenta estudios que aportan elementos para la mitigación del cambio climático, desde perspectivas agronómicas y ambientales. La cuarta se focaliza en los desafíos de la construcción institucional e interdisciplinaria a nivel nacional. Finalmente la última sección, a modo de síntesis, retoma los aportes de los trabajos anteriores, considerando perspectivas a futuro. Nuestra experiencia refuerza el compromiso con la creación colectiva, basada en el diálogo y el respeto mutuo, apoyada en la solidez metodológica y orientada a resolver problemas reales, complejos y pertinentes. Esperamos que estas reflexiones estimulen a otros investigadores a sumarse a este y otros emprendimientos de construcción interdisciplinaria.

ISBN: 978-9974-0-0963-9



Espacio Interdisciplinario
Universidad de la República
Uruguay

+598 2408 9010 www.ei.udelar.edu.uy ei@ei.udelar.edu.uy
José Enrique Rodó 1843, 11200 Montevideo Uruguay