

# **GRADIENTE VERTICAL Y MOSAICO HORIZONTAL**

## **SOBRE LA DIVERSIDAD DE LAS ESTRATEGIAS AGRÍCOLAS EN LOS ANDES BOLIVIANOS**

Jean-Joinville Vacher

Este breve texto presenta algunas de las principales conclusiones de mis investigaciones dirigidas por Olivier Dollfus y compartidas con él sobre el espacio agrícola de los Andes bolivianos.

Recién graduado de agrónomo tuve la suerte de ser invitado por Olivier Dollfus a integrar el equipo pluridisciplinario del programa científico de Ambana en Bolivia. Este valle interandino, alejado y olvidado —según la expresión de Thierry Saignes— -ofrecía al joven investigador que yo era, por un lado, dentro de la tradición del IFEA, un verdadero lugar de encuentro entre investigadores de todos los horizontes y, por otro lado, un laboratorio particularmente fecundo para analizar la adecuación de los sistemas de cultivo a los factores abióticos y bióticos que presentan en este caso un gradiente vertical predominante.

De 4 300 m a 2 500 m sobre el nivel del mar, la altura y la pendiente determinan variaciones bioclimáticas marcadas y una elevada heterogeneidad ecológica: en una larga pendiente, a las altas punas más o menos antropizadas, les suceden amplios anfiteatros agrícolas y valles secos y estrechos.

En esos primeros pasos sobre este terreno accidentado también tuve la suerte de contar con la presencia de Olivier

Dollfus y gracias al enfoque de los geosistemas y de los geofacies andinos, que él había desarrollado y descrito con tanta precisión en el caso de los Andes, pude abordar de manera holística este mosaico ecológico que induce las prácticas agrícolas. Conocedor de la amplitud de los gradientes climáticos en las vertientes andinas, Olivier Dollfus, persuadido de la importancia del estudio bioclimático, me inició en la medida y en la interpretación de los datos meteorológicos. Instalamos una red de estaciones meteorológicas, única en este tipo de medio, que funcionó durante varios años: las observaciones de campo debían basarse en el rigor de las medidas. El análisis de las bandas de los termohigrógrafos y de los datos pluviométricos de los observadores que habíamos contratado nos permitió cuantificar variaciones muy importantes de las variables climáticas. A lo largo de esta vertiente, expuesta a las masas de aire húmedo provenientes de la Amazonía, las precipitaciones anuales disminuyen progresivamente de 2 000 mm a 1 400 mm, entre 4 000 m y 3 500 m de altura, y luego más bruscamente: 700 mm a 3 100 m y 500 mm a 2 700 m de altura, inversamente las temperaturas medias aumentan de 8° a 17°C siguiendo así un gradiente adiabático medio de -0,6° C por 100 m. En particular esta segunda variable, en su componente de valores mínimos, marca el escalonamiento de los cultivos y de la vegetación natural, porque las temperaturas inferiores a 0° C se tornan muy frecuentes a partir de 3 500 m de altura. Paralelamente a la variación climática, la heterogeneidad edáfica sigue también un patrón vertical. Las rupturas de pendiente, las diferencias litológicas y las temperaturas que determinan la pedogénesis presentan una clara variabilidad altitudinal.

La principal heterogeneidad ecológica del valle de Ambana respondía pues muy claramente a un gradiente vertical muy marcado. El objetivo principal de nuestro estudio era comprender el funcionamiento de la agricultura de montaña en este valle y la manera cómo los campesinos se

organizan para poner en valor medios muy diferenciados. Luego del análisis de los grandes diferenciales geográficos emprendimos un estudio de los sistemas agrícolas. Fieles al método de trabajo de campo de Olivier Dollfus, realizamos largas caminatas y tuvimos intensos diálogos con los campesinos que permitieron abarcar los medios y los hombres e interpretar la valorización agrícola de este valle. La agricultura del valle de Ambana funciona esencialmente en base a la regla de los límites definidos por el gradiente vertical. La selección de los cultivos está determinada por el límite de la temperatura mínima que no permite el crecimiento del trigo por encima de 3 300 m de altura, del maíz por encima de 3 500 m, de las arvejas por encima de 3 700 m, de las habas y de la cebada por encima de 3 800 m, mientras que la papa, la oca y la avena crecen hasta 4 200 m de altura. A los numerosos campos de tubérculos andinos de la puna y de las altas vertientes les suceden parcelas de maíz y de leguminosas sobre las escasas pendientes de los anfiteatros y muy pequeños campos de trigo en lo alto de los valles secos. El paisaje agrícola, como la vegetación natural, dibuja el mapa de las isotermas. Las precipitaciones relativamente elevadas durante toda la estación agrícola (octubre a abril) y el estricto respeto por parte de los campesinos del escalonamiento de las temperaturas mínimas conducen a una reducción casi total de los riesgos climáticos, con un calendario agrícola relativamente invariable y un número reducido de variedades cultivadas.

Pero el funcionamiento de una agricultura no se basa únicamente en cultivos sino también en lógicas de rotación; en Ambana identificamos 18 rotaciones diferentes. La altura y la topografía generan un límite climático determinante para la reconstitución de la fertilidad de los suelos pero también un límite edáfico a causa de las grandes pendientes, por lo que imponen las variaciones de la duración del barbecho. En las zonas más altas y frías el barbecho dura 15 años y de 5 a 10 años en las vertientes de los anfiteatros, pero está ausente en las parcelas planas de maíz.

Las rotaciones se ven pues determinadas por los factores abióticos pero también responden a las reglas de las rotaciones colectivas de cultivos, frecuentes en las comunidades de altura, en las que la división de su territorio en 12 sectores induce una duración de rotación de 12 años. Si bien la heterogeneidad ecológica permite un amplio abanico de cultivos, la actual distribución de la propiedad limita el acceso de los campesinos a la diversidad de los medios, las unidades agrícolas corresponden a lo más a dos geosistemas. Sin embargo, los intercambios de bienes y de mano de obra permiten a los agricultores acceder al conjunto de los productos de los diferentes pisos ecológicos y aprovechar de esta manera las complementariedades de montaña.

Algunos años más tarde retomé la ruta de los Andes bolivianos hacia un espacio muy cercano al valle de Ambana, el altiplano. Con de más de 5 millones de hectáreas, está situado al oeste de la cordillera a una altura media de 4 000 m de altura, es una de las principales regiones agrícolas de Bolivia, productora de tubérculos (papa: *Solanum ssp* y oca: *Oxalis tuberosa*) y de granos andinos (quinua: *Chenopodium quinua* y cañigua: *Chenopodium pallidicaule*) con una población rural estimada en más de 500 000 habitantes. Sin embargo los rendimientos de los cultivos son muy variables —en promedio bajos— y están sometidos a condiciones climáticas muy limitantes. Las lluvias anuales presentan, de norte a sur, una disminución de 700 mm a 300 mm y se caracterizan por una muy alta variabilidad y por su concentración de noviembre a abril (90% de las precipitaciones del año). Esta irregularidad en las precipitaciones se manifiesta en todo el altiplano a través de riesgos importantes de sequía. En el caso de la papa, los resultados obtenidos mediante un modelo de balance hídrico de los cultivos a lo largo de 15 años, subrayan la existencia de un riesgo de déficit hídrico superior a 50%. En el conjunto de las estaciones del altiplano norte aquello ocurre una vez cada tres años y una vez cada dos años en el altiplano central. Esta

variabilidad de las lluvias se traduce también por la variación de las fechas de sembrío de octubre a fines de diciembre según los años. Hay que precisar que a esa altura, debido a la elevada radiación solar se produce un aumento de las necesidades de agua para los cultivos (del orden de 5 mm diarios durante la estación agrícola).

Sin embargo una de las principales consecuencias de la altura sobre la agricultura sigue siendo la disminución de las temperaturas y en particular de las temperaturas mínimas. Si se considera una temperatura límite de  $-2^{\circ}\text{C}$  para el cultivo de la papa, hemos determinado que hay riesgos de heladas en todo el altiplano. Con excepción de las dos estaciones del lago Titicaca, los períodos constantemente libres de heladas son inferiores a un mes y las probabilidades de tener un ciclo completo de 120 días sin heladas son del orden de 50 a 70 % en el altiplano norte y de 10 a 40% en el altiplano central. Si se considera un límite de  $-3^{\circ}\text{C}$ , la probabilidad de tener un ciclo completo de 120 días aumenta en promedio de 20 a 30% en todas las estaciones del altiplano, una diferencia muy importante pues para las estrategias agrícolas que serán utilizadas en esta región. La probabilidad de tener un ciclo agrícola completo de 120 días sin temperatura gélida de  $-5^{\circ}\text{C}$  es de 70 a 100 % en el altiplano. Los riesgos de heladas son pues muy importantes a comienzos y a fines de ciclo, menos frecuentes pero más destructores en medio del ciclo, pero estos varían considerablemente según las temperaturas límites que se tome en cuenta. Por cierto, el relieve del altiplano no presenta gradiente vertical, sin embargo los cerros de una altura de 300 a 600 m de altura son bastante numerosos y en sus vertientes, casi siempre cultivadas, se producen efectos topoclimáticos marcados. Sobre distancias del orden de 100 m hemos podido medir, en efecto, diferencias de temperaturas mínimas de  $2^{\circ}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  entre la parte alta de la vertiente, más caliente, y el rellano, más frío. Para el agricultor del altiplano, la topografía es un recurso y hace uso de ella.

Este efecto topoclimático ha sido corroborado mediante análisis espaciales efectuados en el altiplano a partir de imágenes nocturnas del infrarrojo térmico del satélite NOAA y han puesto en evidencia diferencias de 7 a 8° C entre las pampas y las laderas hasta los 4 200 m de altura (fenómeno de drenaje catabático del aire). Además, los suelos del altiplano son variados, tanto en sus texturas (de arenoso a arcilloso) como en su espesor (de 20 cm a 2 m) y por lo tanto presentan características hídricas y térmicas muy diferentes que actúan sobre la intensidad de la sequía y de las heladas.

Dentro de este contexto de riesgos elevados en todo el altiplano, aunque con un gradiente norte sur, los campesinos han sabido desarrollar estrategias agrícolas exitosas basadas en una combinación entre la selección de los cultivos, la selección de las parcelas y la selección de las prácticas de cultivo. Nuestra investigación ha seguido la misma metodología que habíamos utilizado en Ambana: descripción precisa del medio, encuesta a los agricultores y experimentos.

Las condiciones climáticas limitantes reducen el abanico de los cultivos posibles. Tres son los cultivos principales que se suceden en las rotaciones: la papa, la quinua y la cebada forrajera. En el caso de la papa, base del autoconsumo, la estrategia de los agricultores se ha orientado por un lado hacia la domesticación de variedades resistentes a la sequía y a las bajas temperaturas y por otra parte hacia la utilización de una amplia biodiversidad. En el altiplano se dispone de no menos de 6 especies de *Solanum* y más de 200 variedades cultivadas. Esta biodiversidad se encuentra también a escala de la explotación agrícola (algunas veces hemos censado más de 50 variedades) como a escala de la parcela (de 10 a 30 variedades). Los estudios agro-fisiológicos han mostrado en tres especies de papa muy comunes lo siguiente:

► en la *Solanum j juzepczukii* var. luki una alta tolerancia a la sequía y a las bajas temperaturas (hasta - 5° C);

► en la *Solanum tuberosum* var. sani-imilla una tolerancia a la deshidratación a fin de ciclo pero una gran sensibilidad a las heladas (a  $-2^{\circ}\text{C}$ );

► en la *Solanum cutilobum* var. ocucuri una muy clara disminución de los rendimientos con la sequía pero una alta tolerancia a las bajas temperaturas (hasta  $-7^{\circ}\text{C}$ ).

Las papas resistentes a las heladas son denominadas papas amargas debido a la presencia de alcaloides en sus tubérculos. Contrariamente a lo que ocurre en el valle de Ambana en el que cada cultivo está circunscrito a un espacio agrícola bien determinado, en todo el altiplano hemos encontrado diferentes variedades de *Solanum* pero en proporciones variables.

La quinua se caracteriza por una adaptación muy grande a las escasas precipitaciones y a las bajas temperaturas (hasta a  $-12^{\circ}\text{C}$  en el estadio de plántula) así como por una gran biodiversidad (en el altiplano han sido censados más de 300 ecotipos). En el altiplano la selección de las parcelas está ligada principalmente a las reglas de la rotación colectiva de cultivos. La división en numerosos sectores permite a los agricultores cultivar una amplia gama de parcelas con riesgos climáticos diferentes. Los efectos de la topografía esencialmente y los efectos edáficos crean una heterogeneidad de riesgos climáticos a escala de la explotación agrícola, equivalente a la heterogeneidad regional. En las parcelas de suelo profundo del rellano predominan las variedades resistentes a las heladas y con rendimientos elevados, mientras que en las laderas y en los suelos pedregosos predominan las variedades resistentes a la sequía y sensibles a las heladas. Esta dispersión espacial de los riesgos está combinada con una utilización idónea de la biodiversidad de los cultivos.

En la selección de las prácticas de cultivo destacaremos la fecha y la densidad de siembra. Para hacer frente a la variabilidad de las lluvias y de las heladas precoces o tardías, los agricultores del altiplano, en una estrategia de dispersión

temporal de los riesgos para cada cultivo, distribuyen la siembra a lo largo de más de un mes, en función de la localización de las parcelas, de las variedades y de los pronósticos. Según la intensidad del riesgo de heladas se han observado diferencias notables de densidad de siembra en las zonas agrícolas con mayores apremios climáticos: los agricultores tienden a aumentar el número y la dispersión espacial de su parcela, en detrimento de la densidad del cultivo, la que a menudo se reduce a la mitad en relación a la densidad normal. Mediante la combinación del uso de una impresionante biodiversidad de cultivos de quinua y de papa, de la dispersión espacial de los riesgos —gracias al conocimiento de los efectos de la topografía y de los tipos de suelos sobre las temperaturas mínimas y la disponibilidad de agua— y de la dispersión temporal de los riesgos —gracias al abanico de prácticas de cultivos— el campesino del altiplano ha sabido desarrollar una estrategia agrícola exitosa en un medio muy difícil y ha sabido crear un mosaico de condiciones agroclimáticas.

Espacios vecinos, el valle de Ambana y el altiplano presentan características agroecológicas distintas que producen diferencias notables en las lógicas de selección de cultivos, parcelas y prácticas de cultivo. Mientras que en los valles se valoriza la heterogeneidad ecológica ligada al gradiente vertical y a un alto determinismo climático, en el altiplano se observa la construcción de un mosaico de potencialidades agrícolas siguiendo una estrategia probabilista como respuesta a los riesgos climáticos.

Mediante este texto, que subraya la diversidad de las estrategias agrícolas desarrolladas por los campesinos de los Andes bolivianos queremos rendir un homenaje sincero a Olivier Dollfus y agradecer su interés permanente por las investigaciones sobre la agricultura andina, por la formación y la riqueza de las enseñanzas recibidas en el campo andino así como sus escritos y sus críticas constructivas.

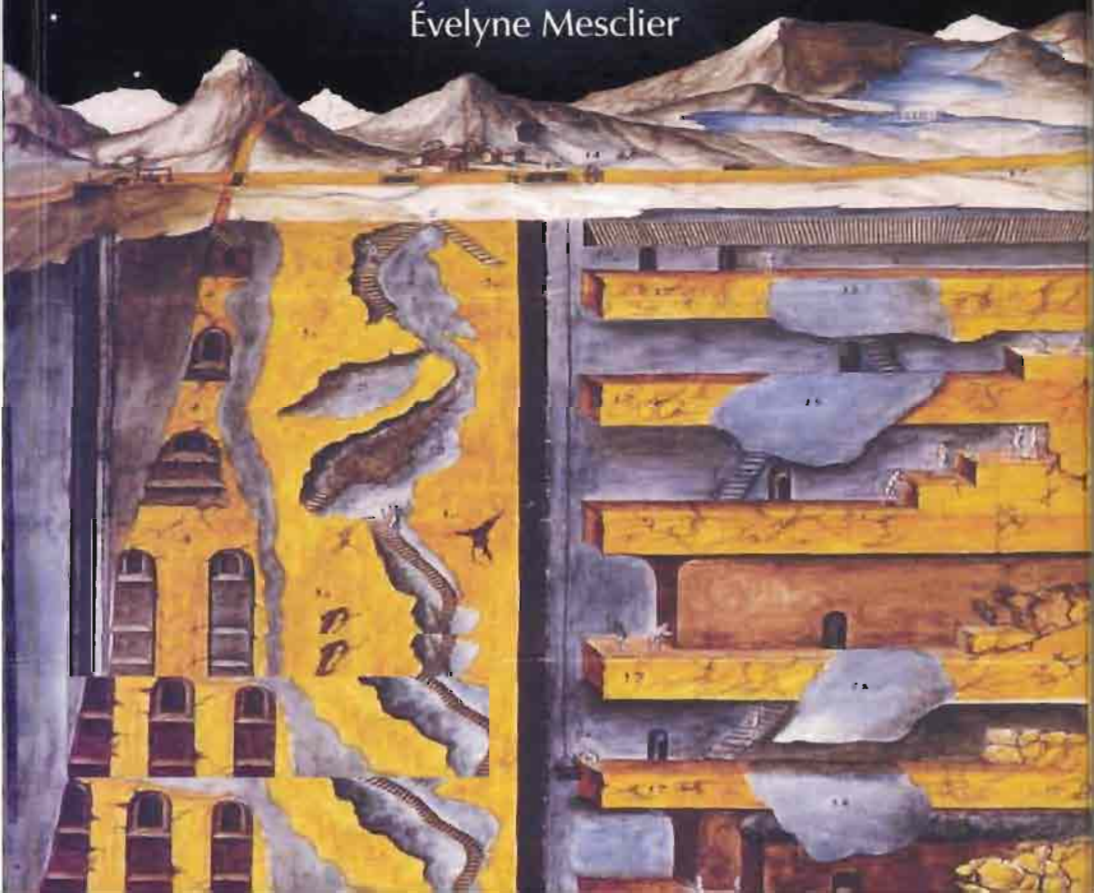


# Los Andes

¿y el reto del espacio mundo

Homenaje a Olivier Dollfus

Editores: Jean-Paul Deler  
Évelyne Mesclier



# **Los Andes**

y el reto del espacio mundo

Homenaje a Olivier Dollfus

Jean-Paul Deler  
Évelyne Mesclier  
Editores



**IFEA**



**REPUBLIQUE FRANÇAISE**  
Embajada de Francia

1ra edición mayo de 2004  
Hecho el depósito legal N° 1501052004-2744  
Ley 26905-Biblioteca Nacional del Perú  
ISBN 9972-623-29-7

DERECHOS DE LA PRIMERA EDICIÓN:

- © IFEA Instituto Francés de Estudios Andinos  
Av. Arequipa 4595 – casilla 18-1217 - Lima 18  
Teléf.: (51 1) 447 60 70 Fax: (51 1) 445 76 50  
E-mail: [postmaster@ifea.org.pe](mailto:postmaster@ifea.org.pe)  
Web: <http://www.ifeanet.org>  
Este libro corresponde al tomo 170 de la colección "Travaux de l'Institut Français d'Études Andines" (ISSN 0768-424X)
- © IEP Instituto de Estudios Peruanos  
Horacio Urteaga 694, Lima 21  
Teléf.: (51 1) 424 48 56 - 431 66 03 Fax: (51 1) 332 61 73  
E-mail: [postmaster@iep.org.pe](mailto:postmaster@iep.org.pe)  
Web: <http://www.iep.org.pe>  
Este libro corresponde a la serie **Historia Andina N° 27**
- © Embajada de Francia en el Perú  
Av. Arequipa 3415, Lima 27  
Teléf.: (51 1) 215 84 00 Fax: (51 1) 215 84 30  
Web: <http://www.ambafrance-pe.org>

Textos en francés traducidos al castellano por Sandra RECARTE

CARÁTULA:

Diseño: Iván Larco

Ilustración: **Minas: nuevo método de explotación [1790]**. Plano que representa un nuevo método de trabajar las minas "inventado y practicado por el Sargento Mayor de Dragones de Canta Don Gaspar Sabujo". Experimentado en las minas Pomacancha y San Silvestre Harochuri (Archivo General de Indias / Perú y Chile, 121).

CUIDADO DE LA EDICIÓN:

Anne-Marie Brougère, Clelia Gambetta, Viviana Seitz